

Н. П. Кузнецова

Основы экологии и охрана природы



Курс лекций

Витебск, 2006

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УО «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н.П. Кузнецова

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

Курс лекций

Библиотека ВГМУ



Витебск, 2006

УДК 574 (075)+614.7(075)
ББК 28.081я73+26.23я73
К 89

Рецензенты:

зав. каф. экологии Витебского государственного университета доц. Дорофеев А.М.,
доц. каф. фармакогнозии и ботаники Витебского государственного медицинского
университета Кузьмичева Н.А.

Кузнецова Н. П.

К 89 Основы экологии и охрана природы. Курс лекций. /

Кузнецова Н.П. - Витебск:

ВГМУ, 2006. - 172 с.

ISBN 985-666-131-8

пр. 2000

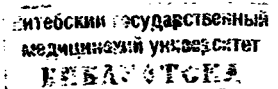
Курс лекций «Основы экологии и охрана природы» составлен в соответствии с типовой учебной программой по этой дисциплине для студентов фармацевтических факультетов высших медицинских учебных заведений, утвержденной 18 ноября 2004 года Минздравом РБ. Материал лекций кратко представляет основные положения биологической экологии, а также важнейшие проблемы окружающей среды Беларуси и пути их решения.

302 431

УДК 574
ББК 28.081я73+26.23я73

© Кузнецова Н.П., 2006
© УО «Витебский государственный
медицинский университет», 2006

ISBN 985-666-131-8



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие.	4
Лекция 1 Экология и охрана природы. Введение	5
Лекция 2 Важнейшие абиотические факторы	20
Лекция 3 Биотические факторы. Основные среды жизни	37
Лекция 4 Демэкология. Динамика экосистем	57
Лекция 5 Экологическая безопасность и устойчивое развитие	74
Лекция 6 Влияние промышленного загрязнения на окружающую среду. Экологическая безопасность предприятий	95
Лекция 7 Современное состояние природной среды Беларуси	113
Лекция 8 Медико-экологические проблемы Беларуси	132
Лекция 9 Охрана природы в Республике Беларусь	151
Список литературы	168

ПРЕДИСЛОВИЕ. Согласно учебной программе по основам экологии и охране природы для студентов фармацевтического факультета, разработанной на кафедре фармакогнозии и ботаники ВГМУ и утвержденной в ноябре 2004 года Минздравом РБ, преподавание дисциплины предлагается проводить в 4 семестре: лекции – 18 часов, практические занятия – 26. Предусмотрены формы контроля в виде компьютерного тестирования и коллоквиумов, работа с экологическим тренажером.

Профессиональная направленность курса предполагает изучение, кроме общих положений экологии, специфичных вопросов: влияние экологических факторов на накопление БАВ в лекарственных растениях и принципы эксплуатации их популяций. Большое внимание уделено проблеме устойчивого развития и экологической безопасности, в том числе фармацевтических предприятий, так как производство лекарственных препаратов (особенно антибиотиков) существенно влияет на состояние окружающей среды. Студенты должны представлять возможности разработки безотходных технологий и утилизации медпрепаратов. В результате прохождения курса студенты должны сформировать представление о современном состоянии природной среды Беларуси, Государственной структуре охраны природы и предпринимаемых мерах по сохранению природных ресурсов, государственной экологической экспертизе и экологическом лицензировании, а также о возможности участия общественности в решении экологических проблем регионов.

Лекция I

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ПРИРОДЫ. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Образование в области окружающей среды в Республике Беларусь. Концепция образования в области окружающей среды в Республике Беларусь, уровни экологического образования, современное состояние и тенденции развития, принцип непрерывности экологического образования. Цели и задачи образования в области окружающей среды. Актуальность изучения экологии для студентов небиологических специальностей.

1.2. Экология и охрана природы. Цель, задачи, методы экологии, разделы, связь с другими дисциплинами, история науки. Воздействие человека на природу на различных этапах НТР. Экология как научная основа охраны природы.

1.3. Общие закономерности действия экологических факторов на организмы. Понятие «экологический фактор», классификации экологических факторов, экологические ресурсы, закон оптимума, экологическая валентность, концепция пределов толерантности, констелляция факторов, дополнения к закону толерантности, экологические ряды, экологический спектр вида.

1.4. Биологические ритмы. Суточные (циркадианные), сезонные ритмы. Многолетняя периодичность.

1.1. Интенсивное развитие экологического образования стало актуальной задачей всех цивилизованных стран и рассматривается как одно из важнейших средств преодоления глобального экологического кризиса. Образование в области охраны окружающей среды должно способствовать формированию экологической культуры, бережного отношения к окружающей среде, осознанию необходимости ее охраны и рационального использования.

В настоящее время в республике находит отражение современная мировая тенденция формирования экологических знаний на всех уровнях обучения. Очевидна необходимость создания системы непрерывного экологического образования, которая должна являться органическим соединением дошкольного воспитания, общеобразовательной подготовки с профессиональным обучением, высшим образованием, повышением квалификации работников.

С учетом мирового опыта, на базе национальной системы образования в республике разработаны Концепция и Республиканская программа совершенствования образования в области окружающей среды. Они основываются на ведущих международных и отечественных документах, материалах форума в Рио-де-Жанейро (1992 г.), резолюции 1-ой Межправительственной конференции по вопросам образования в области

окружающей среды (Тбилиси, 1977 г.) и Международного конгресса "Тбилиси+10" (Москва, 1987 г.), материалах Программы действий – Повестка дня на XXI век, а также законах Республики Беларусь "Об образовании", "Об охране окружающей среды", Концепции образования и воспитания и Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь, в которых экологическая направленность образования введена в ранг стратегического принципа государственной политики.

Государство нуждается в кадрах, готовых грамотно решать обостряющиеся проблемы природопользования, охраны окружающей среды, способных к адаптации и переменам в период перехода общества к рыночной экономике и модели устойчивого развития.

Базисное содержание образования в области окружающей среды целесообразно объединить в блоки:

1. Основные понятия, отражающие взаимоотношения в системе "человек – природа – общество": константы окружающей среды; круговорот веществ и энергии; несоответствие скоростей развития эволюции биосферы и человеческой цивилизации; глобальные проблемы загрязнения окружающей среды и ее защиты от разрушения;

2. Знания о человеке как элементе системы "человек – природа – общество" (человек как биосоциальное существо и биологический вид; качество среды). Основополагающими в этом блоке являются знания об экологических факторах здоровья в зависимости от условий окружающей среды, знания об индивидуальном и популяционном здоровье, понятия социальной ценности здоровья.

3. Знания и ценностные ориентации об обществе как элементе системы "человек – природа – общество": человечество, общество, рациональное природопользование, охрана природы; оптимизация окружающей среды, экологические факторы жизни общества. Данный блок включает сведения об исторических, нравственно-эстетических, правовых, экономических аспектах взаимодействия природы и общества.

4. Знания о природе как элементе системы "человек – природа – общество". Природа как естественная среда обитания человека, как источник предметов и средств труда, фактор интеллектуального, нравственного и эстетического развития. Виды воздействия человека на природу и изменения в природе как их результат.

В связи с этим целью образования в области окружающей среды является создание условий для приобретения гражданами всех возрастов, социальных и профессиональных групп знаний в области окружающей среды и осознания сложного характера взаимоотношений в системе "человек – природа – общество", усвоение ценностных ориентаций

экоцентрического характера и формирование на их основе экологической культуры.

Цели и задачи образования в области окружающей среды основываются на принципах, которые согласуются с общими принципами дидактики и теории воспитания и отражают специфику образования в области окружающей среды:

1. Принцип взаимосвязи образования в области окружающей среды с реальной жизнью в меняющемся мире, позволяющий каждому природопользователю на своем рабочем месте применять на практике полученные теоретические знания и практические навыки.

2. Принцип непрерывности предполагает создание условий для осуществления образования в области окружающей среды непрерывно на всех этапах обучения и воспитания в процессе всей жизни человека с учетом возрастных и социально-профессиональных особенностей.

3. Принцип междисциплинарного подхода предполагает внесение экологических элементов в содержание всех изучаемых предметов.

4. Принцип взаимодействия глобальных, региональных и локальных аспектов экологической проблемы.

5. Принцип научности, предполагающий получение гражданами достоверной информации в соответствующих областях знания.

Значительная часть населения Республики Беларусь все еще не осознает тесной связи между деятельностью человека и состоянием окружающей среды, поскольку не имеет достаточных экологических знаний и не располагает полной достоверной информацией об экологических проблемах.

Признанием огромной важности формирования экологического мышления у молодежи является введение в программу обучения студентов небиологических специальностей вузов курса "Основы экологии и охраны природы". Специалист в любой области практической деятельности обязан ясно представлять последствия ее прямого или косвенного воздействия на окружающую среду. Экология – мировоззренческая наука в том смысле, что она формирует наше отношение к окружающей среде, ко всему живущему на нашей планете и, следовательно, определяет форму наших взаимоотношений.

1.2. Само слово "экология" сейчас постоянно на слуху. Его знают уже и самые маленькие дети. Однако и вполне образованные люди не всегда, к сожалению, правильно применяют этот термин и его различные производные («экологизация мышления» и т.п.). Чаще всего экологию понимают как охрану окружающей среды, в таком смысле этот термин постоянно употребляется в прессе. Однако "экология" и "охрана окружающей среды" понятия разного уровня: экология является

научной основой (фундаментальной) для прикладной науки "охрана окружающей среды".

В настоящее время хорошо выделились две части экологии, по подходу, методологии, объектам изучения: 1 - техническая экология, т.е. изучение техногенной среды обитания человека, 2 - биологическая экология, главным объектом которой являются взаимодействия живых организмов между собой и с окружающей средой, основы которой мы с вами и будем рассматривать.

Экология – это наука, исследующая закономерности жизнедеятельности организмов (в любых ее проявлениях, на всех уровнях интеграции) в их естественной среде обитания с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека.

Экологи пришли к принципиально важному обобщению, показав, что условия среды осваиваются организмами на популяционно-биоценотическом уровне, а не отдельными особями вида. Это привело к интенсивному развитию учения о биологических макросистемах (популяциях, биоценозах, биогеоценозах), что оказало громадное влияние на развитие биологии в целом и всех ее разделов. В результате стали появляться все новые и новые определения экологии. Но все они определяют экологию как науку, исследующую законы жизни животных, растений и микроорганизмов в естественной среде обитания с учетом роли антропоических факторов.

Предметом экологии являются биологические макросистемы (популяции, биогеоценозы, т.е. уровень выше организменного) и их динамика во времени и пространстве.

Одна из важнейших целей экологии – на основе изучения механизмов интеграции организмов в макросистемы, законов развития и существования биогеоценозов разработать научно обоснованные методы сохранения биологического разнообразия планеты. Исходя из этого, главными задачами являются: изучение законов взаимодействия организмов, энергетики экосистем. Предложить методы рационального использования, воспроизводства и охраны ресурсов водных и наземных организмов. Оценить структурно-функциональное состояние биоразнообразия. Разработать пути управления популяциями хозяйственно-ценных, индикаторных и редких видов. Проводить мониторинг состояния окружающей среды.

Экология наряду с физиологией, биогеографией, эволюционным учением и др. относится к общим биологическим наукам. Она так же может быть расчленена на ряд дисциплин по изучаемым объектам: на экологию животных, экологию растений, экологию насекомых, экологию лесных пород и т. д. Но если для других наук индивидуум (особь) является крупнейшей единицей, то для экологии это – мельчайшая единица исследований. По выражению С. С. Шварца, для живых

организмов существует лишь один путь освоения арены жизни – интеграция особей в надорганизменные макросистемы. Группа сходных индивидуумов одного вида объединяется в группировки, называемые популяциями. Популяции разных видов в свою очередь создают многовидовые сообщества – биоценозы. Биоценозы формируют биологические макросистемы еще более высокого ранга – биогеоценозы (экосистемы), из которых складывается биосфера нашей планеты. Вероятно, лучше всего можно определить содержание современной экологии, исходя из концепции уровней организации жизни. Экология изучает макросистемы.

В структуре современной экологии различают четыре раздела. Аутэкология изучает взаимоотношения особей с внешней средой. В основе этих отношений лежат морфофизиологические реакции организма на воздействия среды. Основное внимание при изучении экологии особей уделяется биохимическим реакциям, интенсивности газообмена, водного обмена и другим физиологическим процессам, определяющим состояние организма. При проведении этих исследований широко используются сравнительно-экологический и эколого-географический методы, сопоставляются состояние и реакция организма на внешние воздействия в различные периоды жизни (суточная, сезонная активность). Большое место в аутэкологических исследованиях занимает изучение влияния на организм естественной и искусственной радиоактивности, загрязненности среды, обусловленной индустриальной деятельностью человека.

Демэкология изучает естественные группировки особей одного вида, т. е. популяции – элементарные надорганизменные макросистемы. Важнейшей задачей ее является выяснение условий, при которых формируются популяции, а также изучение внутривидовых группировок и их взаимоотношений, организации (структуры), динамики численности популяций.

Эйдэкология или экология видов – наименее разработанное подразделение современной экологии. Вид как уровень организации живой природы, как надорганизменная биологическая макросистема, еще не стал объектом экологических исследований. Это объясняется тем, что по мере развития экологии внимание и интерес исследователей с организма, т. е. с аутэкологии, переключились на популяцию – демэкологию, а затем на биоценоз, биогеоценоз и биосферу в целом.

Синэкология или экология сообществ (биоценология) изучает ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, пути формирования и развития последних, структуру и динамику, взаимодействие их с физико-химическими факторами среды, энергетику, продуктивность и другие особенности. Синэкология, базируясь на аут-, дем- и эйдэкологии, приобретает четко выраженный общеприродный характер.

Синэкологические исследования направлены на изучение сложного многовидового комплекса взаимосвязанных организмов (биоценоз), существующего в строго определенной физико-химической среде, на рассмотрение с качественной и количественной стороны каждого из его компонентов во взаимодействии друг с другом.

Экология связана со всеми другими науками, не только биологическими, используя их методы, общие объекты изучения, либо приемы. В то же время экология представляет другим дисциплинам свои подходы для решения задач, развивая ряд смежных и прикладных наук: этология, социальная экология и прочее.

Специальными методами экологии являются полевые и лабораторные (наблюдение и эксперимент). С развитием вычислительной техники широко используются математические модели и системный анализ.

Подобно всем другим областям знания, экология развивалась непрерывно, но неравномерно на протяжении истории человечества. Труды Гиппократов, Аристотеля и других древнегреческих философов содержат сведения явно экологического характера. Однако греки не пользовались термином «экология». Этот термин был предложен немецким биологом Эрнстом Геккелем в 1869 г. До него многие великие деятели «биологического Возрождения» XVIII - XIX веков внесли свой вклад в эту область, не применяя слова «экология». Например, в начале XVIII века Антон ван Левенгук, более известный как первый микроскопист, был пионером в изучении пищевых цепей и регуляции численности организмов, английский ботаник Ричард Брэдли имел четкое представление о биологической продуктивности – изучение этих вопросов составляет важные направления в современной экологии. А. Гумбольдт стремился увидеть за частными фактами закономерности взаимодействия сил, влияние неодушевленной природы на растительный и животный мир. Русский ученый К. Рулье обратил внимание на «непрестанно перекрещивающиеся отношения организации и образа жизни», т.е. на взаимовлияние живой и неживой природы.

Как признанная самостоятельная научная дисциплина экология утвердилась около 1900 года, но ее название «экология» вошло в общий лексикон позже. Сначала исследователи проводили резкую грань между экологией растений и экологией животных, но концепция биотического сообщества Ф. Клементса и В. Шелфорда, концепции пищевых цепей и круговорота веществ, разработанные Р. Линдеманом и Дж. Хатчинсоном, а также исследования озерных систем, проведенные Э. Бирджем, Ч. Джудеем и многими другими, помогли создать теоретическую основу общей экологии. В конце двадцатого века экология оформилась в принципиально новую интегрированную дисциплину, связывающую физические и биологические явления и

образующую мост между естественными и общественными науками (Одум, 1977). В ее становлении сыграли огромную роль труды Д.Н.Кашкарова «Среда и сообщество» (1933) и «Основы экологии животных» (1938). Большой вклад в развитие экологии внесли Г.Г.Винберг, Г.В.Никольский, Б.Г.Иоганзен (экология водных организмов); М.С. Гиляров (экология почвенных организмов); И.В.Кожанчиков, Г.Я. Бей-Биенко (экология насекомых); В.В. Догель, Е.Н.Павловский, В.Н.Беклемишев (экологические основы паразитологии); А.Г.Банников, Н.П. Наумов, А.Н. Формозов, С.С.Шварц (экология пресмыкающихся, птиц и млекопитающих); В.Н. Сукачев, Б.А. Келлер, В.В. Алехин, Л.Г. Раменский (экология растений) и многие другие. Особое значение имеют работы А.П. Шенникова «Экология растений» (1950) и «Введение в геоботанику» (1964), Б.Г. Иоганзена «Основы экологии» (1959), Н.П. Наумова «Экология животных» (1955, 1963), С.С. Шварца «Эволюционная экология животных» (1969), М.С.Гилярова «Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых» (1949), «Зоологический метод диагностики почв» (1965) и «Основы общей экологии и охраны природы» (1979), учение В.И.Вернадского о биосфере как о глобальной экосистеме.

Из работ зарубежных экологов следует отметить «Лабораторную и полевую экологию» В. Шелфорда (1929). В 1935 г. англичанин А.Тенсли разработал учение об экосистемах, «Биоэкологию» Ф.Клементса и В. Шелфорда (1939), «Экологию» и «Основы экологии» Ю.Одума (1968, 1975), «Сельскохозяйственную экологию» В. Тишлера (1971), «Эволюционную экологию» Э. Пианки (1981), «Основы общей экологии» Р. Риклефса (1979).

Человек перестраивает земную поверхность около 10 тыс. лет. Но в последние несколько десятилетий последствия его деятельности, благодаря развитию техники, приняли особо впечатляющие размеры. В разных регионах земного шара человек начал воздействовать на ландшафт в разное время. Обычно выделяют четыре периода во взаимодействии человека с природой. Первый доисторический – самый длительный. Часто говорят, что в это время человек еще находился в равновесии с окружающей средой, однако уже в палеолите произошел первый экологический кризис – это кризис переистребления крупных травоядных животных, приведший к резкому сокращению численности древних людей. Именно поэтому в неолите человек перешел к выращиванию продуктов питания и к оседлому образу жизни. Подсечно-огневое земледелие в сочетании со скотоводством, базировавшемся на лесных выпасах, приводило к уничтожению лесов. Таким образом, уже в доисторическое время вокруг заселенных областей возникали и более обширные безлесные пространства.

В период аграрной культуры изменения растительного покрова определялись вмешательством человека. Роль климата отступает далеко на второй план. Перевыпас привел к опустыниванию. Только с прогрессирующим обезлесением польза леса начинает сознаваться. Когда понимание приходит слишком поздно, имеет место полное уничтожение лесов, как, например, в Средиземноморье, во многих частях Восточной Европы и Балкан или на Ближнем Востоке.

Третий период – 16-20 века. Время становления и развития капиталистического производства, **индустриальной культуры**. Активное развитие горнодобывающей и перерабатывающей промышленности привело к перераспределению химических элементов на поверхности земли, к нарушению геохимического баланса.

В поздний период империализма и социальных революций геохимическое воздействие человека на природу определяется тремя обстоятельствами:

1. синтезом множества (более миллиона) веществ, отсутствовавших в естественных условиях и обладающих качествами не свойственными природным соединениям;
2. строительством широкой сети коммуникаций, газо- и нефтепроводов, дорог, линий электропередач и связи;
3. интенсификацией производства сельскохозяйственной продукции, при массовом применении удобрений и пестицидов.

Четвертый – **постиндустриальной культуры**. Конец 20-го века ознаменовался изменением взаимоотношений человека с природой, период начала действия "Римского клуба". В его работах были рассмотрены альтернативные пути развития цивилизации [6]. В 1972 состоялась Стокгольмская конференция по окружающей среде, в 1983 ООН создала Всемирную комиссию по окружающей среде и развитию. Далее – развитие "Процесса Рио". Во время конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году состоялась встреча глав и высокопоставленных должностных лиц 179 государств. Итогом конференции явилась "Повестка дня на 21 век".

Индустриально развитые страны добились процветания, используя конечный и быстро исчерпываемый запас горючих ископаемых, накопленный самой природой. Но цивилизация продолжает зависеть от окружающей среды, причем не только от энергетических и материальных ресурсов, но и от ее жизненно важных процессов, таких, как круговороты воздуха и воды. Основные законы природы не потеряли своей силы; с ростом численности населения и с грандиознейшим увеличением масштабов потребления энергии усложнилась зависимость от них человека. В буквальном смысле «экология» – это наука об организмах «у себя дома», но слово «экономика» также образовано от греческого корня «ойкос» и означает

искусство ведения домашнего хозяйства; следовательно, экология и экономика должны идти рука об руку. К сожалению, экологи и экономисты – непримиримые противники из-за слишком узкого взгляда на свой предмет. И теперь сохранение цивилизации зависит от наших знаний о природе и разумных действий, направленных на сохранение и улучшение окружающей среды посредством гармоничного, а не разрушительного вмешательства.

1.3. Рост и распространение живых организмов зависят от условий внешней среды. Этот термин подразумевает часть природы, воздействующую на экологическую систему.

Элементы среды, прямо влияющие на жизнедеятельность организмов, определяются как факторы среды. Элемент среды, количество которого может быть исчерпано в процессе жизнедеятельности организма, является ресурсом.

Существуют различные подходы к классификации экологических факторов:

1. Наиболее простая и употребительная, но не совсем четкая, разделяет факторы на:

- абиотические – воздействие элементов неживой природы,
- биотические – воздействие организмов друг на друга,
- антропоические – воздействие человека на природу.



Рис. 1.1. Классификация абиотических факторов.

2. Внутренние и внешние (эндогенные и экзогенные).

3. В зависимости от среды, в которой они действуют:

а) *климатические и атмосферные факторы*: свет, температура воздуха, атмосферная влажность, осадки, ветер, газовый состав воздуха;

б) *эдафические факторы*, характеризующие субстрат: температура почвы, влага и воздух в почве, ее физические и химические свойства;

в) *топографические факторы*, связанные с орографией земной поверхности: их влияние сказывается лишь при посредстве климатических и эдафических изменений;

г) *биотические факторы*, к которым относят взаимодействие организмов между собой, и в частности воздействие человека.

4. Классификация, основанная на природе и характере физиологического воздействия факторов независимо от их локализации. Здесь различают:

а) *энергетические факторы*: излучение, в частности, свет и тепло;

б) *водные факторы*: атмосферная и почвенная вода;

в) *химические факторы*: газовый состав атмосферы и почвы, газы и другие вещества, растворенные в воде, минеральные и органические вещества почвы;

г) *механические факторы*: ветер, эрозия, снег, огонь;

д) *биотические факторы*: взаимодействие организмов.

5. Экологические факторы изменчивы во времени и пространстве.

Некоторые факторы среды считаются относительно постоянными на протяжении длительных периодов времени в эволюции видов. Например, сила тяготения, солнечная радиация, солевой состав океана. Большинство экологических факторов: температура воздуха, влажность, скорость движения воздуха – очень изменчивы в пространстве и во времени. В соответствии с этим экологические факторы делят на:

1) регулярно-периодические, меняющие силу воздействия в связи со временем суток, сезоном года или ритмом приливов и отливов в океане;

2) нерегулярно-периодические, явления катастрофического характера; изменение погодных условий в разные сезоны года, бури, ливни, наводнения и т.д.

Все факторы находятся в тесном взаимодействии и часто трудно провести грань между ними.

Действие экологических факторов подчиняется ряду законов. Каждый вид обладает собственными экологическими предпочтениями, обусловленными наследственно. К ним относятся, например, определенные требования к температуре, наличию воды, питательных веществ, света и т. д. Причем, на разных стадиях развития – различные.

Организм может существовать только в определенном диапазоне значений каждого фактора среды.

Способность вида заселять различные среды, характеризующиеся определенными диапазонами факторов, называют экологической валентностью. Экологическая валентность определяет круг местообитаний, в которых могут существовать особи данного вида. У одних видов экологическая валентность широкая, у других — узкая. Виды с широкой экологической валентностью, живущие в условиях очень различающихся значений интенсивности факторов, называются эврибионтами. Организмы, жизненные возможности которых заключены в узких границах изменения факторов, называются стенобионтами.

Закон оптимума. На рис. 1.2 представлена схема зависимости функций особи от интенсивности фактора. В непосредственной близости к критическим точкам расположены зоны *пессимума*, в которых активность организма сильно ограничена; далее — *субоптимальные* зоны, в границах которых по мере удаления от зоны пессимума наблюдается рост положительных экологических реакций организма. Средняя зона определяется как *экологический оптимум*. Интенсивность фактора в этих границах наиболее благоприятна для функционирования организма.

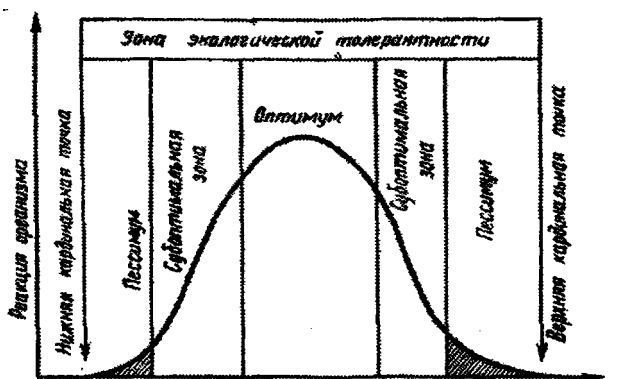


Рис. 1.2. Схема зависимости между жизнедеятельностью организма (y) и интенсивностью фактора среды (x).

В. Шелфорд (1913) сформулировал «закон толерантности». Организмы характеризуются экологическим минимумом и экологическим максимумом; диапазон между этими двумя величинами составляет то, что принято называть областью толерантности. Фактор, по которому организм обладает узким диапазоном толерантности, может быть лимитирующим. Например, содержание кислорода в

наземных местообитаниях редко служит лимитирующим фактором для наземных организмов, но кислород в воде — ограничитель распространения живых организмов. Антропоический стресс и токсичные отходы — лимитирующий фактор индустриальной цивилизации. Если мы не сможем сократить, ограничить или как-то изолировать от глобальных систем жизнеобеспечения токсичные отходы, которые постоянно производит индустриализованное общество, эти ядовитые отходы будут непосредственно угрожать нашему здоровью и станут для человечества основным лимитирующим фактором. Из всех вмешательств человека в естественный порядок вещей ни одно не нарастает такими темпами, как создание новых химических соединений.

Кривая валентности экологических факторов в границах толерантности не всегда симметрична с центральным расположением области оптимума. Во многих случаях оптимум может располагаться вблизи краевых точек, т.е. наиболее благоприятным для организма интервалом для данного фактора будет тот, где интенсивность фактора или минимальна, или максимальна. Например, для пресноводных организмов оптимум появляется при минимальном содержании солей в воде, тогда как у морских организмов оптимум располагается на другой границе зоны толерантности (содержание солей наивысшее).

Чтобы выразить относительную степень толерантности, в экологии существует ряд терминов, в которых используются приставки *стено-*, что означает узкий, и *эври-* — широкий. Итак, стенотермный — эвритермный (в отношении температуры), стеногидрический — эвригидрический (в отношении воды), стеногалинный — эвригалинный (в отношении солености), стенофагный — эврифагный (в отношении пищи), стеноойкный — эвриойкный (в отношении выбора местообитания).

К закону толерантности существует несколько дополнений.

1. Толерантность организма по отношению к одному и тому же фактору и расположение зоны оптимума для разных физиологических и экологических функций могут быть различными.

2. Толерантность организмов может быть разной в зависимости от возраста, пола, стадии развития. Период размножения является критическим; в этот период многие факторы среды часто становятся лимитирующими. Пределы толерантности для размножающихся особей, семян, яиц, эмбрионов, проростков и личинок обычно уже, чем для неразмножающихся взрослых растений или животных. Так, взрослый кипарис может расти и постоянно погруженным в воду, и на сухом нагорье, но размножается он только там, где есть влажная, но не заливаемая почва для развития проростков. Балтийская треска имеет полосу толерантности от -2 до $+6$ °C, а нерест совершает при $4-5$ °C. Виды, которые в период вегетативной активности могут быть эвритермными, в период размножения стенотермны.

3. Границы экологической толерантности характерны не для биологического вида в целом, а для его отдельных географических популяций. Именно локальные популяции проявляют приспособляемость к характерным для данной местности интенсивностям факторов, входящим в состав их среды. Особи одного вида из разных районов произрастания, собранные в одном ботаническом саду, проявляют сильно дифференцированные реакции на свет, при этом периоды вегетации и размножения у них приспособлены к условиям тех мест, откуда они привезены (С. McMillan, 1956). Особи медузы аурелии (*Aurelia aurita*), происходящие из северных районов, проявляют приспособленность к гораздо более низким температурам, чем особи южного происхождения.

4. Толерантность вида (популяции) значительно больше, чем отдельных особей.

5. Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий диапазон в отношении другого.

6. Организмы с широким диапазоном толерантности ко всем факторам обычно наиболее широко распространены.

7. Если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то может сузиться и диапазон толерантности к другим экологическим факторам. Например, при лимитирующем содержании азота снижается засухоустойчивость злаков: при низком содержании азота для предотвращения увядания требуется больше воды, чем при высоком его содержании.

Взаимоотношения между средой и организмами очень сложны, но не все факторы среды одинаково важны в каждой данной ситуации или для каждого данного вида организмов. В 1840 г. Ю. Либих установил, что вещества, которые находятся в среде в количествах, близких к критической точке, становятся фактором, ограничивающим распространение организмов, т.е. лимитирующим фактором. Урожай культур часто лимитируется элементами питания, которые нужны в ничтожнейших количествах (например, цинк), но которых очень мало и в почве.

Лимитирующими могут быть и факторы, которые не расходуются организмами и не входят в среду их биологических потребностей. К таким факторам относятся, например, зимние морозы, весенние половодья, заливающие в норах грызунов и обуславливающие смерть многих почвенных организмов. Например, вымерзание деревьев под действием морозов. Покрытие снега ледяной коркой отрезает доступ к корму зайцам и даже крупным копытным; в таких случаях обычно наблюдается падеж кабанов и косуль.

Роль закона минимума Либиха в течение продолжительного времени сильно преувеличивали. Область применения этого закона в действительности довольно ограничена из-за явления констелляции факторов.

Библиотека Государственной
медицинской академии
им. П. В. Костомарова

Так, высокая концентрация или доступность одного вещества или действие другого (не минимального) фактора может изменять скорость потребления элемента питания, содержащегося в минимальном количестве. Иногда организм способен заменять, хотя бы частично, дефицитный элемент другим, химически близким. Так, в местах, где много стронция, в раковинах моллюсков кальций до некоторой степени заменяется стронцием. Показано, что некоторым растениям нужно меньше цинка, если они растут не на ярком солнечном свете, а в тени; таким образом, концентрация цинка в почве с меньшей вероятностью может быть лимитирующей для растений в тени, чем на свету. Если организмы оказываются в условиях, не соответствующих оптимальному диапазону того или иного физического фактора, более важным оказывается какой-то другой фактор (или факторы). Например, некоторые тропические орхидеи при охлаждении лучше растут на ярком солнечном свете, чем в тени (Went, 1957); в природе же они растут только в тени, так как не могут выносить теплового действия прямого солнечного света.

Экологическим рядом называется совокупность биогеоценозов, располагающихся соответственно нарастанию или убыванию какого-либо фактора (или группы факторов) среды. Например, на склоне наибольшая сухость почвы наблюдается в верхней части, а наименьшая — в нижней. Поэтому здесь отмечаются различия в растительности, связанные с влажностью почвы. Одни виды обитают только в верхней части склона, другие — в нижней, в результате четко выделяется экологический ряд по возрастанию влажности почвы. Аналогичные экологические ряды составляются и по отношению растений к тепловому режиму, к степени засоленности почв, устойчивости к ветру и к другим факторам. Так, в поймах рек южной части Русской равнины в случае возвышения местности наблюдается смена растительности (от понижения на бугор) в такой последовательности: лугово-болотные, луговые, лугово-степные и степные растительные ассоциации. Это экологический ряд фитоценозов, расположенных вдоль градиента фактора.

Экологический спектр вида. Биологический вид — понятие умозрительное. В природе вид существует в популяциях. Среди большого количества особей, слагающих популяцию, всегда можно выделить индивидуумы наиболее или наименее пластичные по отношению к тому или иному фактору. Одни очень чувствительны к понижению температуры, другие сравнительно выносливы к холоду, некоторые не выдерживают даже незначительной сухости, а есть и такие, которые выживают в засушливый период. Благодаря экологической индивидуальности в популяции обычно находятся самые жизнестойкие особи, переживающие весьма неблагоприятные условия, что обуславливает сохранение вида. К примеру — весенние морозы часто

повреждают цветы, однако часть растений все же дает плоды. Количественное соотношение особей с различной устойчивостью к действию фактора – экологический спектр вида.

4.5. Биологический ритм – равномерное чередование во времени каких-либо состояний организма. Ритмы поддерживаются внутренним механизмом (биологическими часами) и внешними источниками (смена дня и ночи, периодов увлажнения и засухи, или температурными колебаниями).

Различают суточные, сезонные, годовые и многолетние циклы.

Суточные (циркадианные) немного отклоняются от 24 часового периода (*circa* – около, *dies* – день, сутки). Активность для каждого вида приходится на определенные часы (многие цветки раскрываются в одно и то же время – цветочные часы).

Сезонные ритмы – наиболее выражены у обитателей умеренных и северных широт. Здесь благоприятный период длится 6-7 месяцев, затем наступает зима, к которой организмы начинают готовиться заблаговременно. Наука, которая занимается изучением сезонных процессов в жизни растений и животных, называется фенологией. Этапы развития растений по сезонам – фенофазы (вегетация, цветение, плодоношение и т.д.).

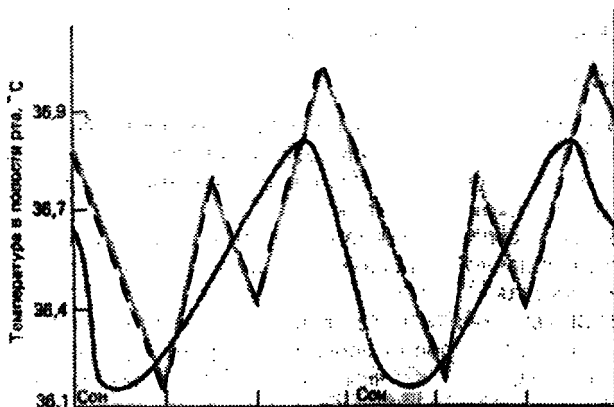


Рис. 1.3. Циркадианные ритмы изменения температуры в ротовой полости (чёрная линия) и времени реакции на раздражитель (серая) у человека (Доскин В.А., 1989).

Все климатические факторы закономерно изменяются во времени, что связано с вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Живые организмы приспособились к этим изменениям и выработали характерный для каждого вида годичный цикл с определенной

последовательностью и длительностью стадий роста, развития и размножения. От того, совпадает или нет определенная фаза жизненного цикла с временем года, к условиям которого она приспособлена, зависит выживание особей и вида в целом.

В природе существует и *многолетняя периодичность*, которая определяется закономерной сменой солнечной активности. Различают 5-6-летние, 11-летние и вековые (80-90-летние) циклы, проявляющиеся изменением урожайности, численности особей в популяции и т.д.

Сезонные изменения у животных проявляются в периодичности размножения. Сигнальными факторами могут быть здесь не только световой режим (основной стимул), но и влажность (в тропиках и субтропиках размножение приурочено к сезону дождей), а также температура (для эктотермных животных). Для насекомых характерна диапауза – длительная приостановка в развитии на определенной для каждого вида стадии. Особое приспособление для переживания неблагоприятных условий – анабиоз, состояние организма при очень сильном замедлении жизненных процессов, так что отсутствуют видимые признаки жизни (споры, сухие семена, высохшие лишайники).

Лекция 2

ВАЖНЕЙШИЕ АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

2.1. Температура: экологические группы организмов по отношению к температуре, морфо-анатомические, физиологические и экологические адаптации к экстремальным температурным условиям, сумма эффективных температур. **Влажность:** основные показатели влажности, экологические группы растений и животных по отношению к водному режиму, адаптации организмов к различным уровням увлажнения. **Свет** как экологический фактор, световой режим, экологические группы растений по отношению к свету и их адаптивные особенности, фотопериодизм, растения короткого и длинного дня, суточная динамика организмов.

2.2. Морфоэкологические адаптации организмов. Морфоэкологические адаптации растений к условиям местообитаний, понятие «жизненная форма», система жизненных форм И.Г.Серебрякова, спектры жизненных форм растений как характеристика географо-климатических условий.

2.3. Влияние экологических факторов на накопление БАВ в лекарственных растениях. Зависимость накопления БАВ в лекарственных растениях от экологических условий произрастания: влияние водного, температурного режимов, освещенности, pH почвы, минерального питания и других агрохимических показателей почвы,

географо-климатические условий. Суточные и сезонные колебания количества БАВ, зависимость накопления БАВ от погодных условий.

2.1. Главный источник тепла на Земле – Солнце. Примерно половина энергии его лучей, достигающих поверхности суши, состоит из инфракрасного (теплого) излучения. Распределяется тепло по поверхности Земли крайне неравномерно.

Тепловая обстановка определяется географическим положением, рельефом, глубиной, сезоном и временем суток. Температура является важнейшим фактором, ограничивающим распространение организмов по земному шару. Для многих видов можно установить связь северной или южной границы распространения с тем или иным температурным показателем, например, с изотермой самого холодного или самого теплого месяца (северная граница распространения бука в Европе соответствует изотерме января 2°C). Но связь распространения видов с температурой редко бывает прямой, т.к. ее изменение всегда тесно связано с изменением других факторов: относительной влажностью воздуха, концентрацией кислорода в воде, наличием корма, изменением конкурентоспособности и т.д. Очень большое влияние могут оказывать микроклиматические различия. Тепловые условия южных и северных склонов даже небольшой крутизны очень различны, поэтому северные растения, живущие у южных границ своего ареала, встречаются только на северных склонах и в понижениях рельефа, а южные растения по мере продвижения на север с горизонтальных участков переходят на южные, хорошо прогреваемые склоны. Это так называемое "правило предварения", сформулированное В.В. Алехиным в 1951 году. Например, на южной границе лесной зоны по северным склонам сохраняются леса, а на южных произрастает типичная степная растительность.

Жизнь растений возможна лишь в определенном интервале температур: 1- 45°C для активной жизни, оптимальными же считаются 15-30°C. Однако это очень усредненные данные. Температурные оптимумы различны у разных растений и даже у одного растения на протяжении вегетации. Прорастание семян, например, растений умеренной зоны совершается при 8-25°C, рост побегов начинается при температурах на несколько градусов выше 0, рост корней имеет нижний предел 2-5°. Температурные оптимумы роста корней, таким образом, несколько ниже, чем оптимумы роста стеблей. Поэтому корни трогаются в рост обычно первыми, задолго до распускания почек, и не прекращают его до поздней осени. Способствуют этому и более выровненные температурные условия почвенной среды. Цветение происходит в узком интервале температур. Некоторые растения (одно- и двулетние озимые) зацветают только в том случае, если на протяжении

нескольких недель подвергались действию низких температур (от -3 до 13°). А чтобы раскрылись бутоны и созрели плоды, нужно больше тепла.

Фотосинтез, дыхание, процессы поглощения минеральных солей и воды также имеют свои оптимумы и предельные значения температур. У многих растений фотосинтез протекает в интервале температур, отличающихся от предельных значений выносливости растений лишь на 5°. Такая устойчивость фотосинтетического аппарата очень важна, поскольку позволяет поддерживать жизнедеятельность растений и в трудных условиях. Однако чтобы фотосинтез протекал активно и обеспечивал не только поддержание жизни, но и нарастание фитомассы, требуются уже достаточно высокие температуры. У холодостойких (ветреница дубравная) они составляют 10°, у растений умеренной зоны (овес) – 25 - 35°, у теплолюбивых (тыква) – 40°. Самая низкая температура, при которой возможен фотосинтез, по-видимому, равна -5...-8°C. Ассимилируют углекислоту в этих условиях хвойные растения: ель и сосна. Сине-зеленые водоросли – пример крайней устойчивости фотосинтетического аппарата к высоким температурам. Их жизнедеятельность не замирает при 80 - 90°C.

Дыхание возможно и при отрицательных температурах (- 6...-10°), но значительно возрастает с повышением. За пределами 40 - 50° оно, однако, вновь резко снижается.

Чтобы питание осуществлялось нормально, необходима разница температур почвы и атмосферы. Для льна и гречихи, например, оптимальны условия, при которых температура почвы равна 10°, а атмосферы 20 - 22°. Если температура в зоне корня и стебля одинакова, развитие растения подавляется. Резкое снижение температуры почвы приводит к отрицательным последствиям, поскольку в этом случае поглощение веществ корнем отстает от потребления их клетками тканей.

Важное значение имеют суточные колебания температуры: для цветения и плодоношения у томатов разница значений дневных и ночных температур должна составлять не менее 6° С.

Различают холодолюбивые, или *криофильные* и теплолюбивые, или *термофильные*, виды. Первые приурочены к полярным и высокогорным областям, а также к холодным местообитаниям умеренных широт. Вторые – в тропическом и субтропическом климате, а в умеренных поясах – на хорошо прогреваемых участках. В физиологии иная классификация: различают *морозо-*, *жаро-* и *холодоустойчивые* виды, выдерживающие соответственно экстремально низкие, высокие и низкие положительные (выше 0°) температуры.

К *низким температурам* у растений существуют следующие морфологические адаптации: уменьшение размеров и изменение формы

растений (карликовые березы, ивы, высота которых не превышает высоту снегового покрова; растения-подушки, температура внутри которых на 10-15°C выше, чем температура воздуха); отмирание на зиму надземных частей, подземные органы при этом защищены почвой и снегом (луковицы, клубни и т.п.). Биохимические адаптации: повышение концентрации сахара в клеточном соке, повышение осмотического давления, образование этиленгликоля и глицерина – веществ, понижающих точку замерзания. Однолетние растения переживают зиму в виде семян или спор.

Сопrotивляемость действию *высоких температур* связана как с местом происхождения организма, так и со свойствами его белков. Известно, что денатурация белков холодонокровных организмов возникает уже при 40 - 50°C, а у ужа – даже при 30 - 35°C. Рекордная сопротивляемость действию высоких температур отмечена у организмов в термах, естественных горячих водоемах, связанных с вулканической деятельностью земной коры: некоторые водоросли выдерживают температуру до +85°C. Наибольшую температуру выдерживает *Formidium bijahense* – 115°C.

Переносить высокие температуры растениям помогают повышенная транспирация, высокое содержание коллоидно-связанной, а не свободной воды, значительное количество РНК и солей (при этом повышается устойчивость к коагуляции); отражение солнечного света кутикулой, волосками.

Следовательно, адаптации организмов могут быть: 1. морфо-анатомическими, 2. физиологическими, 3. этологическими.

По отношению к температуре выделяют группы *гомойотермных* и *пойкилотермных* организмов. Гомойотермные – при изменениях температуры окружающей среды поддерживают приблизительно постоянную температуру тела. У *пойкилотермных* она изменяется. Существует также деление на эндотермов и эктотермов: к эндотермам относятся птицы и млекопитающие, а остальные животные, а также растения, грибы и простейшие – к эктотермам. Группа организмов, температура которых, поддерживаемая выше, чем в окружающей среде, может изменяться в незначительных пределах под воздействием ее изменений – гетеротермы. К ним относятся яйцекладущие млекопитающие.

Для растений и пойкилотермных животных для завершения развития необходимо определенное общее количество тепла, которое они могут получить из окружающей среды. Оно называется суммой эффективных температур и является относительно постоянной величиной для каждого вида. Сумма эффективных температур определяется по формуле:

$$C = (t - t_{\min})n,$$

где t – наблюдаемая (реальная) температура;
 t_{\min} – нижний порог развития (минимальная температура, ниже которой вообще не происходит развитие),
 n – продолжительность развития в сутках.

Для растений и пойкилотермных животных часто можно установить границы ареала по сумме эффективных температур, необходимых для развития. Для большинства растений нашей зоны это сумма температур – выше 10°C .

Вода на нашей планете является важнейшим растворителем, а потому входит в состав всех клеток и необходима для протекания физиологических процессов. Наземные организмы окружены воздухом, содержание воды, в котором ниже, чем в их собственном организме, они обычно теряют воду путем испарения, а также при выделении с водой конечных продуктов обмена. У наземных организмов выработались специальные приспособления для экономного расходования воды.

В разных климатических зонах количество осадков различно, различна также и скорость испарения, поэтому для характеристики водообеспеченности местности введен индекс сухости: отношение количества осадков к количеству испаряемой влаги. Если этот показатель больше 1, то местность называется гумидной (влажной), а если меньше 1, то аридной (засушливой).

Различают абсолютную и относительную влажность воздуха. Абсолютная влажность – это количество водяного пара в 1 куб.м воздуха. Относительная влажность g – отношение максимально возможной влажности P_{\max} к абсолютной влажности P , выраженное в %.

$$g = P/P_{\max} \cdot 100$$

Показатели температуры и относительной влажности настолько тесно связаны друг с другом, что их порой невозможно разделить.

Источником поступления воды являются атмосферные осадки, водоемы, грунтовые воды. На режим водообеспечения влияют количество осадков и их распределение по времени. Часть воды, попавшей на почву, удерживается ее компонентами, часть испаряется с поверхности, еще часть проникает до водоупорного горизонта. Часть атмосферных осадков вообще не достигает поверхности почвы, а испаряется с растительного покрова (в ельниках – до 30%).

Атмосферные осадки определяют перемещение и распространение вредных веществ в окружающей среде. В общем кругообороте воды наиболее подвижны именно атмосферные осадки, т.к. объем влаги в атмосфере меняется 40 раз за год. Основными условиями возникновения осадков являются: температура воздуха, движение воздуха, рельеф. Существуют следующие зоны в распределении осадков по земной поверхности:

- Влажная экваториальная: осадков более 2000 мм/год (бассейны рек Амазонка, Конго). Здесь располагаются влажные экваториальные леса – самый богатый тип растительности (более 50 тысяч видов).

- Влажная зона умеренных широт: осадков более 500 мм/год (лесная зона Европы и Северная Америка, Сибирь).

- Сухая зона тропического пояса: осадков менее 200 мм/год (пустыня Сахара). Минимальное количество осадков – 0,8 мм/год (пустыня Атакама, Чили).

- Полярная область: незначительное количество осадков до 250 мм/год, низкая t воздуха, низкое испарение (арктические пустыни с бедной растительностью).

Выделяют следующие экологические группы растений по отношению к влажности:

1. *Гидатофиты* – погруженные или плавающие растения, не имеют механических тканей и водопроводящей системы (рдесты, элодея).

2. *Гидрофиты* – водно-наземные растения. Они начинают свое развитие в воде, но во взрослом состоянии верхние части побегов выступают над ее поверхностью, обитают в прибрежной зоне водоемов, на неглубоких местах, но могут жить и на обильно увлажненной почве далеко от воды. У них хорошо развита система межклетников и воздухоносных полостей – аэренхима (аир болотный, сусак зонтичный).

3. *Гигрофиты* – растения, произрастающие на увлажненных почвах и при высокой влажности. Листовые пластинки тонкие, характерно развитие гидатод (недотрога).

4. *Мезофиты* – растения, обитающие при умеренном увлажнении. К ним относится большинство растений умеренного климата: лесные и луговые травы, деревья, кустарники.

5. *Ксерофиты* – растения засушливых местообитаний. К ксерофитам лучше относить растения, которые для добывания и экономии воды вырабатывают особые приспособления. Сокращение испарения достигается различными способами:

- мелкие листья или их редукция (саксаул, эфедра);

- развитие воскового налета, мощная и часто блестящая кутикула;

- густое опушение из бесцветных и полых волосков (волоски отражают солнечные лучи и создают у поверхности листа зону, в которой задерживается влага);

- углубленные устьица;

- плотная, без межклетников паренхима с большим количеством механических элементов, мешающих увяданию;

- глубокая корневая система (у верблюжьей колючки до 20 м), либо поверхностная, но с покрытием больших площадей.

Организмы с меняющимся содержанием воды – *пойкилогидрические*. Это водоросли, грибы, лишайники, мхи, у которых гидратура протоплазмы всегда соответствует гидратуре окружающего воздуха. При высокой влажности воздуха протоплазма содержит много воды и находится в активном состоянии. Если же воздух сухой, то протоплазма также теряет воду, оставаясь живой и переходя при этом в состояние анабиоза. Способность клеток этих растений к высыханию связана с малой величиной или даже полным отсутствием вакуолей, благодаря чему при высыхании объем клеток изменяется лишь незначительно и структура протоплазмы остается неизменной. У семенных растений зародыши в семенах также обладают клетками без вакуолей и поэтому тоже способны к высыханию.

Организмы с более или менее постоянным содержанием воды – *гомойогидрические*. Это высшие наземные растения, водный режим которых значительно сложнее. Их клетки обладают большими вакуолями, заполненными клеточным соком, и имеют постенную цитоплазму. Клеточный сок образует для окружающей цитоплазмы внутреннее водное пространство, что делает возможной активную жизнь вне воды даже в сухом воздухе. К этой группе принадлежат сосудистые растения, укореняющиеся во влажной почве. У них концентрация клеточного сока всегда остается низкой (осмотическое давление не превышает 50 атм.), поэтому гидратура всегда высока (выше 96%), независимо от внешних условий. Эти растения уже не обладают способностью к обратимому высыханию.

Свет необходим для жизни, так как это источник энергии для фотосинтеза. Способность всех зеленых растений к фотосинтетической фиксации углерода определяется наличием пигментов из группы хлорофиллов, а пигменты эти связывают лучистую энергию в диапазоне длин волн 400-700 нм. Это диапазон «**фотосинтетически активной радиации**» (ФАР). На него приходится лишь около 44% всей падающей на земную поверхность (на уровне моря) лучистой энергии Солнца. Остальная часть солнечного спектра не может служить источником энергии для зеленого растения. Излучения, лежащие за пределами диапазона ФАР, могут играть роль физиологических стимулов либо предопределять какие-то условия существования, но это ни в коем случае не ресурсы.

Видимое излучение влияет на уровень обмена веществ у различных организмов, стимулирует процессы размножения и развития растений и животных, регулирует поведение многих видов животных. Цикличность излучения оказывает большое влияние на ритмичность биологических явлений, происходящих в биосфере. Видимое излучение является для организмов источником энергии, носителем информации об окружающей среде, а иногда и летальным фактором. Его действие

зависит от адаптации организма к свету. При рассмотрении различных эффектов действия света необходимо учитывать, что они зависят от характеристик излучения: интенсивности (силы света), длины волны (цвета) и продолжительности освещения (фотопериода).

Количество света, поступающего к отдельным организмам, занимающим разное положение в экосистемах, сильно различается. Количество света, проникающего до дна леса либо в глубь водоемов, в некоторых случаях весьма ограничено.

Выделяют группы по отношению к свету: *гелиофиты*, *сциофиты*, *факультативные сциофиты*.

У тенелюбивых (сциофитов) растений, а также у водных растений точка компенсации (точка равновесия между ассимиляцией и диссимиляцией) расположена значительно ниже, чем у светолюбивых растений. У некоторых растений, живущих под пологом леса, компенсация ассимиляции диссимиляцией проявляется при очень низкой интенсивности света. Например (в процентах от освещенности за пределами леса):

живучка ползучая (<i>Afuga reptans</i>)	0,3
дрёма красная (<i>Melandrium silvestre</i>)	0,8
щавель полевой (<i>Rumex acetosella</i>)	1,3
крестовник лесной (<i>Senecio silvaticus</i>)	1,6
орляк обыкновенный (<i>Pteridium aquilinum</i>)	3,0

Требования растений к освещенности могут изменяться с возрастом и географической широтой. Одно из обычных европейских деревьев – клен (*Acer platanoides*), произрастаая в Норвегии, требует для жизни в 10 раз больше света, чем клены, растущие в окрестностях Киева. Многие виды лесных деревьев в первые годы жизни хорошо растут под сомкнутым сводом крон деревьев, тогда как, будучи зрелыми организмами, они исключительно светолюбивы.

У растений адаптация к условиям освещения основана и на качественном несходстве пигментов освещенных и затененных местообитаний. В растениях обнаружены хлорофиллы *a*, *b*, *c* и *d*, ксантофилл, фукоксантин, каротин, фикобилин, отличающиеся между собой структурно и способностью реагировать на свет. Оказалось, что многие из них не способны к химическому связыванию энергии света, а участвуют лишь в светосорбции и передаче энергии на активный центр. Группа молекул хлорофилла, связанная с электронтранспортной цепью, осуществляет превращение энергии света в энергию химической связи.

Характер поглощения видимого излучения зелеными растениями зависит от того, какое вещество поглощает данное излучение. Хлорофилл *a* (голубовато-зеленого цвета) наиболее интенсивно поглощает фиолетовый и красный свет. Хлорофилл *b* (желто-зеленого цвета) поглощает главным образом голубой и оранжевый свет.

Хлорофилл *c*, содержащийся в некоторых водорослях, сильно поглощает зеленовато-желтый свет. Хлорофилл бактериальных клеток сильнее поглощает срединный участок спектра: зеленый и желтый свет. Растения, обитающие в глубинных слоях воды, имеют в своем распоряжении только отрезок спектра с наименьшими длинами волн – зеленый, синий, фиолетовый и частично ультрафиолетовый. Специфичный для багрянок пигмент – фикозритрин поглощает излучение с длинами волн в интервале между 0,3 и 0,45 мкм.

Наличие у растений различных пигментов определяет их подлинное отношение к условиям освещения. Например, *хлорофилл a*, формы которого наделены высокой способностью к светопоглощению, содержится в большом количестве у растений хорошо освещенных местообитаний. У тенелюбов же значительная часть пигментов представлена *хлорофиллом b*, отличающимся повышенной способностью к светосорбции. Содержание в растениях того или иного пигмента связано также со спектральным составом радиации. В тени растения в значительной степени лишены красного света и довольствуются синими лучами. Было установлено, что хлорофилл *a*, накапливающийся в листьях теневых растений, обладает большим сродством к синим лучам.

В ходе приспособления к условиям освещения изменяется и размер листовой пластинки. У теневых форм она, как правило, больше, чем у растений открытых мест. Значительным изменениям в связи с различной освещенностью подвержены структура клеток листа, величина пластид. У растений освещенных мест листья имеют хорошо развитую столбчатую паренхиму, клетки их обычно мелкие, расположены компактно, без крупных межклетников, многочисленные устьица также мелкие, хлоропластов в клетках много, но они небольшие и в них мало хлорофилла.

Максимальные значения эффективности использования лучистой энергии, известные у растений, составляют 3-4,5% у морских микроскопических водорослей. В тропических лесах – 1-3%, в лесах умеренного пояса – 0,6-1,2%; в посевах сельскохозяйственных культур в умеренном поясе они составляют примерно 0,6%. На таких значениях эффективности использования световых ресурсов и держится энергетика всех экосистем.

Максимальная интенсивность фотосинтеза в листьях достигается, по-видимому, лишь тогда, когда его продукты незамедлительно удаляются (направляются в развивающиеся почки, клубни и т. д.). Даже при ярком солнечном освещении интенсивность фотосинтеза может не достигать максимума.

Свет имеет также значение как условие ориентации животных. Определенное сигнальное значение в жизни животных имеет биолюминесценция, т.е. способность светиться в темноте.

Длина дня (фотопериод) на экваторе более или менее постоянна (около 12 часов), на других широтах зависит от сезона. Закономерные смены дня и ночи, а также их длины по сезонам года являются причиной суточной и сезонной ритмичности в жизнедеятельности организмов. Способность организмов реагировать на длину дня называется фотопериодической реакцией, а круг явлений, регулируемых длиной дня – фотопериодизм. Продолжительность дня для растений, проявляющих фотопериодические реакции, является стимулом, который воспринимают листья или почки. Ответные реакции растений имеют гормональный характер и этим путем передаются другим органам.

Сокращение продолжительности дня – условие успешной подготовки растений к морозам. Благодаря этому стала возможной акклиматизация в окрестностях Петербурга таких деревьев, как абрикос, грецкий орех, ложноакация. Деревья севера также требуют времени на приготовление к зиме. Известен факт вымерзания сибирских деревьев, посаженных в окрестности Парижа, где климатические условия значительно мягче. Изменение продолжительности дня на географической широте Парижа оказалось недостаточным для приготовления этих деревьев к зимнему сну.

Для видов, проявляющих фотопериодические реакции, существует специфическая критическая продолжительность дня. Она заключена, как правило, между 12 и 14 часами. Растения, нормально развивающиеся при фотопериоде, короче критической продолжительности дня, называются растениями короткого дня. Растения, нуждающиеся в продолжительности светового дня, превышающей критическую, называются растениями длинного дня.

Содержание растений короткого дня в условиях длинного дня приводит к гигантизму вегетативных частей и задержке развития органов размножения. У растений долгого дня, развивающихся в условиях короткого дня, иногда наблюдается настолько сильное укорочение междоузлий, что стебель не формируется, а листья образуют приземные розетки. Развитие вегетативных органов отрицательно коррелирует с развитием органов размножения. Эту зависимость используют при выращивании растений. У растений короткого дня, например у лука и свеклы, в условиях долгого дня увеличиваются запасные органы, тогда как картофель, относящийся к растениям длинного дня, дает самые большие клубни осенью, когда продолжительность дня заметно ниже минимума для его надземных органов.

Растения, цветущие весной и в конце лета, обычно относятся к растениям короткого дня. Растения, цветущие летом, как правило, являются растениями длинного дня.

2.2. Под воздействием различных факторов складывается определенный морфологический облик, или жизненная форма организма. Жизненные формы – это исторически сложившиеся адаптации организмов к совокупности многих экологических факторов, т. е. к специфике местообитания в целом.

Жизненная форма может меняться с переменой условий существования. В разных флористических областях, при условии сходства климата, почв, растительности, систематически далекие друг от друга виды могут образовывать сходные, или конвергентные жизненные формы. Например, суккулентные «кактусовидные» формы в Центральной Америке представлены кактусами, а в Африке – растениями из семейства молочайных. В высокогорьях почти всех областей мира можно встретить подушковидные формы самых разных видов растений.

По И.Г.Серебрякову жизненная форма – это своеобразие тех или иных групп растений, выраженное в специфике их сезонного развития, в способах ежегодного нарастания и возобновления, во внешней и внутренней структуре их органов, а также во внешнем облике, исторически возникшем в определенных почвенно-климатических и фитоценотических условиях.

Раункиер положил в основу выделения типов различия в положении почек возобновления или верхушек побегов по отношению к поверхности почвы (или воды) в течение неблагоприятного времени. Выделено 5 типов жизненных форм:

1. *Фанерофиты* – почки расположены высоко (более 30 см), в воздухе.

2. *Хамефиты* – почки возобновления расположены на высоте 20-30 см.

3. *Гемикриптофиты* – почки возобновления и верхушки побегов расположены непосредственно на поверхности почвы, под подстилкой.

4. *Криптофиты* – надземные побеги отмирают полностью, почки возобновления сохраняются под землей на разной глубине. В зависимости от характера субстрата криптофиты подразделяются на 3 подгруппы:

— *геофиты* (почки возобновления под землей);

— *гидрофиты* (почки возобновления находятся под водой);

— *гелофиты* (болотные растения, у которых воздушные побеги находятся над водой, а почки возобновления – под водой).

5. *Терофиты* – однолетники, переживающие неблагоприятный период в виде семян.

Детальная классификация жизненных форм, основанная на морфологических особенностях, принадлежит И.Г.Серебрякову. Все покрытосеменные и хвойные растения он относит к 4 отделам:

— древесные растения;

- полудревесные растения;
- наземные травы;
- водные травы.

Древесные растения включают 3 типа: деревья, кустарники и кустарнички. Деревья – растения с развитым многолетним одревесневшим стволом, сохраняющимся в течение всей жизни. Кустарники имеют главный ствол лишь в начале жизни, а затем он теряется среди равных скелетных осей. У кустарничков главная ось также имеется лишь в начале онтогенеза, а затем она сменяется боковыми осями, которые возникают из спящих почек материнской оси. Кустарнички – виды из семейств Ericaceae, Vasciniaceae.

Полудревесные растения – полукустарники и полукустарнички, у которых сохраняются и одревесневают лишь базальные части надземных побегов, а почки возобновления располагаются близ поверхности почвы. Различия между полукустарниками и полукустарничками в высоте одревесневающей части побегов (у полукустарников она составляет 20-30 см, а у полукустарничков до 10 см).

Наземные травянистые растения подразделяются на 2 группы: поликарпики и монокарпики.

Водные травы слагаются из 2-х: плавающие и подводные травы и земноводные травы.

Травянистые растения удобно также разделять на однолетники, двулетники с развитием в первый год жизни прикорневой розетки листьев и многолетники.

Поскольку жизненные формы представляют собой адаптацию к переживанию неблагоприятных периодов года, то в разных климатических областях преобладают одни или другие жизненные формы. Спектры жизненных форм – отражение климатических условий.

2.3. Полезные свойства растений в значительной степени определяются их химическим составом, а в отношении лекарственных растений комплекс биологически активных веществ (БАВ) играет ведущую роль. Долгое время считалось, что терпеноиды, алкалоиды, флавоноиды и другие биологически активные вещества являются простыми экскретами или шлаками. Однако в таком случае они бы более или менее постепенно накапливались в организме, достигая максимума к концу его жизни. На самом деле мы видим порой очень сложную динамику их накопления и изменение компонентного состава тех или иных групп соединений. Следовательно, продукты вторичного обмена играют важную физиологическую роль.

Образование и накопление БАВ является динамическим процессом, ход которого определяется онтогенезом и факторами внешней среды. Знание этих процессов для провизора является непременным условием,

поскольку на основе изучения хода и особенностей накопления БАВ разрабатываются правила сбора, сушки и хранения, а также основные требования к качеству лекарственного растительного сырья.

Различные климатические, эдафические и другие факторы могут влиять на ход вторичного метаболизма, что проявляется в химической изменчивости растений.

В ряде случаев можно выявить доминирующее влияние определенных экологических факторов на химический состав растений. Например, сравнивая содержание и состав тех или иных вторичных метаболитов в растениях из разных пунктов, можно говорить о влиянии географического фактора.

Географический фактор оказывает достоверное влияние на содержание эфирного масла в листьях багульника болотного (*Ledum palustre*). По содержанию эфирного масла у багульника в разных частях ареала можно выделить 3 географических района: северный, средний и южный. Максимальное содержание эфирного масла отмечено в среднем районе. Установлено подавление биосинтеза в плодах растений сем-ва брусничных (клюква крупноплодная) антоцианов и флавонолов в северных районах Беларуси. Географический фактор оказывает выраженное влияние не только на уровень накопления фенольных соединений в плодах растений брусничных, но и на степень его изменения при внесении удобрений. Показано, что при продвижении с юга в центральные районы Беларуси заметно усиливается зависимость от минерального питания количества антоциановых пигментов, катехинов и дубильных веществ на фоне незначительного ослабления накопления флавонолов и фенолкарбоновых кислот.

Существуют закономерности географического распространения отдельных соединений или их классов у разных растений. Содержание фруктозы в плодах малины (*Rubus idaeus*), а также сахарозы и глюкозы в плодах земляники (*Fragaria vesca*) в лесной зоне выше, чем в лесостепной и степной. При этом содержание глюкозы и сахарозы у малины не изменяется. Зонай наибольшей концентрации эфирномасличных растений в Евразии являются Средиземноморье, Кавказ, Средняя и Центральная Азия. Большая часть алкалоидоносных растений сконцентрирована в тропиках Старого и Нового Света. Жирные масла растений северных и средних широт содержат кислоты с большим числом двойных связей, чем жирные масла растений южных широт. При исследовании кумаринов было замечено, что у южных растений наиболее часто встречаются производные кумарина, содержащие в качестве заместителей изопреновые цепи и их производные. В растениях стран умеренного климата наблюдается накопление кумаринов, обогащенных кислородом и содержащих в своей молекуле сахарные остатки.

Важным фактором, влияющим на продуктивность и химический состав растений, являются агрохимические показатели почвы. Химические элементы почвы оказывают значительное влияние на биосинтез действующих веществ в лекарственных растениях. В геохимических зонах с повышенным содержанием определенных химических элементов в почвах лекарственные растения отличаются иным содержанием биологически активных веществ. При изучении химического состава плодов малины и земляники оказалось, что существует положительная зависимость между содержанием кальция, фосфора и цинка в плодах малины и земляники и содержанием этих элементов в почвах лесной, лесостепной и степной зон, а содержание меди и цинка – только с таковым в степной зоне. Сырье, содержащее сердечные гликозиды, способно накапливать Mn и Mo; содержащее сапонины – Mo, V, Sr, Cu, Mn. Наблюдается географическая приуроченность накопления отдельных элементов в растениях. Mn, например, накапливается в растениях Забайкалья меньше, чем в северных широтах. Установлена зависимость размеров аккумуляции азота, фосфора и калия в листьях клопы от уровня минерального питания почвы: наиболее высокое содержание всех трех элементов наблюдается при внесении полного минерального удобрения.

Микроэлементы также играют существенную роль в накоплении БАВ: под влиянием молибдена биологическая активность листьев наперстянки шерстистой (*Digitalis lanata*) возрастает у однолетних растений на 10%, а у двулетних на 46%. Марганец способствует биосинтезу как ланатозида С, так и ланатозидов А и В.

У мяты как недостаток, так и избыток влаги почвы снижают накопление эфирного масла, но увеличение влажности в пределах, благоприятных для жизни этого растения, способствует его повышению. Оказалось, что число эфирномасличных железок неодинаково у растений, растущих в разных условиях увлажнения. Представители семейства яснотковых, которые произрастают в сухих местообитаниях, имеют большее число железок на единицу поверхности листа, чем экземпляры, растущие в условиях достаточного увлажнения. Крымские растения мяты желтого (*Glaucium flavum*), приуроченные к засушливым местообитаниям, содержат алкалоидов глауцина больше, чем кавказские.

Кислотность почвы, в сочетании с освещенностью, оказывает влияние на накопление алкалоидов у чистотела большого (*Chelidonium majus*). Так, наибольшее количество алкалоидов (2%) содержится в растениях, собранных на незатененных участках с влажными суглинками, имеющими реакцию среды, близкую к нейтральной. А у растений, произрастающих на кислых почвах в условиях затенения, содержание алкалоидов не превышало 1,5%.

Определяющими факторами накопления БАВ часто служат освещенность и температура воздуха. У скополии тангутской в пасмурные дни содержание алкалоидов в 2-3 раза выше по сравнению с солнечными днями, а в солнечные дни минимальное содержание алкалоидов наблюдалось в дневные часы, когда преобладает максимальная освещенность растений прямыми солнечными лучами. Следовательно, срезку надземных частей целесообразно проводить в облачные дни в утренние или вечерние часы.

У лаванды (*Lavandula spicata*), шалфея лекарственного (*Salvia officinalis*) и яснотки белой (*Lamium album*) число железок увеличивается с увеличением высоты местности над уровнем моря.

Реакция растения на воздействие тех или иных факторов среды внешне проявляется в его изменчивости, спектр которой необходимо учитывать при характеристике и идентификации лекарственного сырья. Это особенно важно для широко распространенных видов, произрастающих в различных местообитаниях. Наиболее универсальным фактором, влияющим на анатомо-морфологическую характеристику листьев багульника болотного, оказался фактор освещенности, от которого зависели все параметры листьев. На размеры листьев и число железок также влияют степень увлажнения, богатство и кислотность почвы. Было установлено также, что содержание эфирного масла находится в обратной зависимости от числа железок, т. е. связано не столько с количеством последних, сколько с интенсивностью процессов биосинтеза.

Эти данные говорят о том, что поиск перспективных лекарственных растений, содержащих эфирные масла, а также культивирование эфирносов в условиях влажного климата северных широт, будет менее эффективным по сравнению с районами с сухим и жарким климатом.

Известны многие виды лекарственных растений, у которых наблюдается химическая изменчивость в разных частях их ареалов. При этом довольно часто по морфологическим признакам такие растения не отличаются. В таких случаях используют понятие хеморас, т. е. групп популяций, которые имеют определенный ареал и обладают различным химическим составом. У багульника болотного внутри ареала можно выделить три хеморасы, которые отличаются количественным содержанием эфирного масла и содержанием в нем ледола.

Некоторые растения чутко реагируют и на погодные условия в течение дня, проявляя тем самым суточную динамику накопления тех или иных продуктов. Суточная динамика содержания эфирного масла мяты оказалась прямо пропорциональной температуре воздуха и обратно пропорциональной его влажности. Прослежена суточная динамика и влияние погодных факторов на накопление флавоноидов

(рутина и гиперина), а также дубильных веществ у зверобоя продырявленного. Оказалось, что содержание рутина выше в сухую погоду, но не зависит от времени суток и температуры окружающего воздуха. Содержание гиперина в сухую погоду также было выше, кроме того, на накопление этого флавоноида оказывает влияние и время суток: максимум в 19 часов. Что касается дубильных веществ, то на их накопление влияет температура воздуха (наибольшее их количество отмечено в условиях выше 14°C). Другие факторы достоверного влияния не оказывают. Таким образом, одни и те же факторы по-разному влияют на накопление различных БАВ у одного растения.

У скополии тангутской отмечена довольно высокая амплитуда суточных колебаний содержания алкалоидов: максимальное содержание почти в 2, а у некоторых растений в 6 раз выше минимального. При этом изменяется не только общее содержание, но и соотношение отдельных соединений. Суточная динамика алкалоидного состава имеет волнообразный характер с последовательным чередованием подъема и спада. Продолжительность одного цикла составляет около 12 часов. Определяющие факторы этой динамики – освещенность и температура воздуха, что особенно заметно в солнечную погоду или в дни с резкой сменой освещенности. В пасмурные дни содержание алкалоидов у этого вида в 2-3 раза выше по сравнению с солнечными днями, а в солнечные дни минимальное содержание алкалоидов наблюдалось в дневные часы, когда преобладает максимальная освещенность растений прямыми солнечными лучами.

Химический состав растения не остается постоянным и в течение его жизненного цикла. У некоторых видов он может существенно меняться в отдельные фазы онтогенеза. Например, количество жирного масла в семенах клещевины непрерывно увеличивается: от фазы молочной спелости до полной зрелости. Причем это увеличение составляет до 100 %. Изучение динамики содержания полифенолов у двух видов зверобоя: продырявленного и пятнистого, показало, что в условиях Прибалтики максимальное их количество накапливается в цветках и листьях в период бутонизации и начала цветения. На этом основании были предложены сроки сбора сырья: начиная с первой половины июля и до конца массового цветения.

Изменение содержания эфирного масла в течение жизни растения отмечалось уже давно. Динамика его содержания у различных растений оказывается неодинаковой. Чаще всего максимальное содержание наблюдается во время цветения, иногда во время бутонизации или еще раньше – до появления бутонов. У ромашки аптечной, начиная момента отрастания листьев и до фазы цветения включительно, происходит постепенное накопление эфирного масла в надземных органах. Максимальное содержание отмечено в фазу цветения. Сравнение

образцов, собранных из разных географических пунктов, показало, что количественное содержание может изменяться, в то время как качественный состав масла остается практически неизменным.

У других видов динамика содержания эфирного масла часто сопровождается и изменением его качественного состава. Классический пример – кориандр, у которого незрелые плоды обладают неприятным и острым запахом, а зрелые имеют приятный аромат. У мяты перечной в процессе цветения происходит непрерывное увеличение доли ментола в эфирном масле.

Довольно сложная динамика накопления салидрозида (глюкозида фенолоспирта тиразола), которая зависит не только от фазы развития растения, но и от пола особей, установлена у родиолы розовой. У женских экземпляров в подземных органах количество салидрозида постепенно увеличивается от фазы бутонизации (0,74 - 1,35 %) к фазе цветения (1,12 - 1,42 %), затем снижается во время плодоношения и вновь повышается в период осенней вегетации (до 1,53%). Таким образом, у женских растений динамика его содержания имеет двувёршинный характер. У мужских особей динамика содержания салидрозида имеет одновершинный характер с максимумом, в зависимости от условий обитания, в фазу цветения или бутонизации.

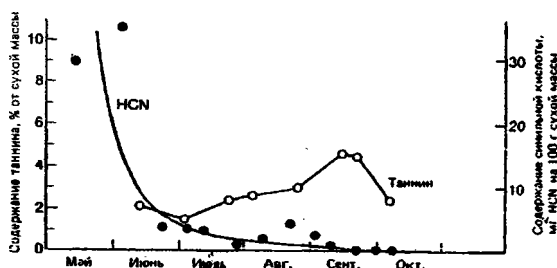


Рис. 21. Сезонные изменения содержания синильной кислоты и танина в паровотнике-орляке (*Pteridium aquilinum*). (По Rhoades, Cates, 1976.)

Своеобразная динамика накопления арбутина и дубильных веществ в листьях брусники (их минимум падает на цветение) обусловила и особый режим заготовки сырья: весной, до цветения и осенью, в период массового созревания плодов. Аналогичная картина динамики была обнаружена и у толокнянки, максимальное содержание арбутина в которой приходилось на осенний период, причем у растений, которые произрастали на открытых и хорошо освещенных участках, а также в сосновом лесу с низкой сомкнутостью древостоя.

У некоторых видов различное содержание БАВ в разные периоды жизни растения наблюдается в разных органах. Например, максимальное содержание глауцина у мяска желтого у растений, находящихся в фазе завязывания плодов, отмечено в листьях, в фазе массового цветения – в стеблях, а в начале цветения – в генеративных органах.

Следовательно, для правильной заготовки лекарственного сырья необходимо учитывать онтогенетическую динамику и суточные изменения количества БАВ, и влияние на этот процесс метеорологических (погодных) факторов.

Лекция 3

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОСНОВНЫЕ СРЕДЫ ЖИЗНИ

3.1. Типы взаимодействий организмов. Межвидовая конкуренция (интерференционная и эксплуатативная), межвидовая кооперация, взаимодействия, основанные на контакте или на предоставлении убежища, пищевое использование одних организмов другими, протокооперация, закон конкурентного исключения Гаузе. Аллелохимические воздействия растений друг на друга, феромоны, аллелопатия. Биологическое значение вторичных веществ, отношения растений и фитофагов.

3.2. Концепция экологической ниши. Мерность ниш, экологическое гиперпространство, фундаментальная и реализованная ниша, ширина ниши, ниши г- и К- стратегов.

3.3. Основные среды жизни. Распределение организмов по средам жизни. Характеристики водной среды: трофность, кислородный и температурный режимы водоемов. Экологические группы гидробионтов. Почва как биокосное тело. Зональные и аazonальные почвы. Основные компоненты почвы, типы гумуса, гумификация и минерализация. Экологические группы почвенных организмов. Наземно-воздушная среда: состав и движение воздуха. Адаптации к жизни на суше. Земля как среда жизни.

3.1. Совокупность влияния жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания называется биотическими факторами. Они подразделяются на *внутривидовые* и *межвидовые*. Внутривидовые – демографические, этологические (факторы поведения), конкуренция и др. Межвидовые биотические факторы весьма разнообразны на популяционном уровне, и могут быть как положительными, так и отрицательными.

Живые организмы могут оказывать прямое, непосредственное влияние на другие организмы, например, одно дерево может оказывать механическое воздействие на другое дерево, изменяя направление его роста, а могут своим присутствием изменять режим абиотических факторов среды для других растений или животных. Такое воздействие называется косвенным, например, деревья создают тень для травянистых растений (изменяют интенсивность освещенности), или микроорганизмы, разлагая опавшие листья, увеличивают содержание гумуса в почве.

Таблица 3.1

Характеристика различных типов биотических взаимодействий.

Тип взаимодействия	вид		Общий характер взаимодействия
	1	2	
Нейтрализм	0	0	Ни одна популяция прямо не влияет на другую.
Конкуренция	-	-	Взаимное подавление обоих видов (прямое или косвенное при дефиците общего ресурса).
Аменсализм	-	0	Популяция 1 (аменсал) испытывает отрицательное воздействие популяции 2, но сама на неё не влияет.
Паразитизм	+	-	Популяция 1 (паразита) состоит из меньших по величине особей, чем популяция 2.
Хищничество	+	-	Особь хищников 1 обычно крупнее, чем особи жертвы 2.
Комменсализм	+	0	Популяция 1 (комменсал) получает пользу от объединения, а популяции 2 это безразлично.
Протокооперация	(+)	(+)	Взаимодействие благоприятно для обоих видов, но не обязательно.
Мутуализм	+	+	Взаимодействие благоприятно для обоих видов и обязательно.

Организмы, использующие одни и те же ресурсы, являются конкурентами. Конкуренция – взаимодействие, при котором наблюдается взаимное угнетение, вызванное сходными потребностями в ограниченном ресурсе. Если они одного вида – внутривидовая конкуренция, если относятся к разным видам – межвидовая конкуренция. Конкурируют виды, потребляющие один ресурс. Межвидовую конкуренцию разделяют на два типа – интерференционную и эксплуатативную. *Эксплуатативная конкуренция* – популяции реагируют не друг на друга, а на количество доступной пищи, количество пространства или какого-либо другого ресурса, которое изменяется в результате действия популяций. А.Тенсли (1939) провел эксперименты с двумя видами подмаренника,

которые в отдельности хорошо росли как на кислой, так и на щелочной почве. Однако при совместном выращивании на кислой почве рос только *Galium hercynicum*, а на щелочной почве – *G. pumilum*. **Интерференционная конкуренция** – физическое вытеснение одного вида другим.

Пример физического вытеснения европейской норки интродуцированным видом, американской норкой на территории Восточной Европы. Многолетние наблюдения за динамикой популяций этих видов на северо-востоке Беларуси показали снижение выживаемости мелких особей европейской норки из-за прямой агрессии со стороны вида-интродуцента. Уничтожение популяции европейской норки идет с высокой интенсивностью, и только жесткий отлов американской норки может исправить эту ситуацию.

В экспериментальных условиях было показано, что если два близких вида сосуществуют достаточно долго в однородной среде, то один из них всегда погибает. **Закон конкурентного исключения Гаузе** – два вида не могут существовать в одном местообитании, если их экологические потребности идентичны. Поэтому они обычно разобщены в пространстве или во времени: в разных биотопах, в разных ярусах леса, на разных глубинах и т.п.

Существует также **межвидовая кооперация**, которая, если становится необходимой, постепенно переходит в симбиоз.

Взаимодействия, основанные на контакте или на предоставлении убежища:

1) **комменсализм**, когда в преимущественном положении находится лишь тот из участников, который поселяется на другом. Наиболее распространен между животными и микроорганизмами, между крупными растениями и мелкими организмами, живущими на его поверхности, а также в водной среде (акулы и рыбы-лоцманы). Существуют, кроме того, переходные ступени от комменсализма к паразитизму.

2) **мутуализм**, когда от сближения выигрывают оба партнера, в этом случае можно говорить о симбиозе в широком смысле слова. Преимущества при мутуализме может быть разным, например, использование пищи для одного и охрана для другого (рак-отшельник, в раковине которого поселяется мелкий кольчатый червь, довольствующийся остатками пищи рака и поддерживающий раковину в чистоте).

Примером постоянного комменсализма в растительном царстве служат растения-эпифиты. Объединение эпифита с его живой опорой не случайно; количество и видовой состав эпифитов на деревьях меняются в зависимости от породы и окружающих условий. Сосны и платаны, кора которых ежегодно полностью обновляется, почти не имеют

эпифитов, тогда как дубы и пихты, для которых характерна шероховатая и постоянная кора, покрыты ими. Эпифиты, кроме того, очень чувствительны к атмосферной влаге, так что одна и та же порода деревьев может нести различную эпифитную флору в зависимости от микроклиматических условий. В отличие от паразитов, эпифиты получают питательные вещества из окружающей среды. Наиболее часто их можно встретить среди тропических орхидей и папоротников. Для улавливания минеральных солей и воды из воздуха у эпифитов выработались своеобразные приспособления (губчатые покровы на корнях, многочисленные сплетения корней, в которых накапливается пыль, опавшие листья, т.е. образуется «почва» для питания, листья-воронки и т.д.).

Один из наиболее интересных и экологически важных примеров — микориза. Микориза — это сложная система взаимодействий корней сосудистых растений и грибов. По словам одного американского почвоведа, «дерево, извлеченное из почвы — это только часть целого растения, хирургически отделенная от его поглощающего и пищеварительного органа». Для большинства растений микоризные грибы играют жизненно важную роль в усвоении фосфора и других необходимых питательных веществ. Иногда микориза бывает очень специфичной, когда один вид гриба взаимодействует только с определенным видом сосудистого растения или с группой родственных видов.

Форезией называется использование одним животным другого просто в качестве средства передвижения. Навозные жуки часто перевозят таким образом клещей из одной навозной кучи в другую.

Комменсалами являются также животные, которые живут в жилищах других животных, терпящих их у себя, и которые находят там убежище, подходящий микроклимат и обеспеченное питание. Фауны насекомых из нор млекопитающих, многочисленные животные, живущие в домах, домовый паук, домовый сверчок, мышь, комнатная муха — тоже комменсалы.

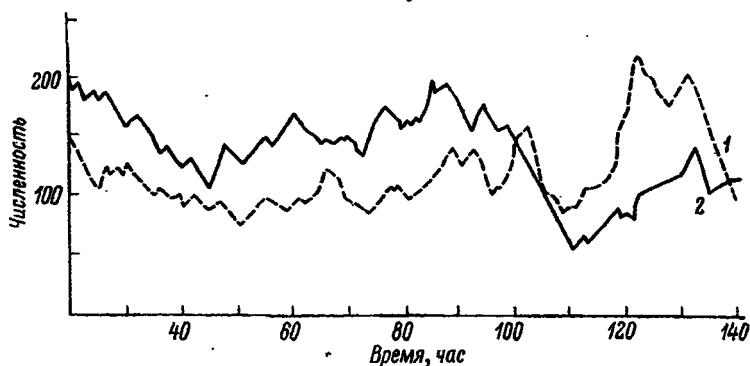
Взаимная выгода особенно отчетливо заметна при некоторых сближениях животных, например птиц и крупных травоядных: первые питаются эктопаразитическими насекомыми вторых. То же касается настоящих грибных плантаций, созданных некоторыми насекомыми, общественными или обитающими в древесине.

Опыление цветков насекомыми тоже может служить примером мутуализма другого типа. Насекомые, питающиеся на цветах, собирают с них нектар и пыльцу, одновременно обеспечивая опыление. Многие антофильные насекомые используют лишь один вид растений, что ведет к взаимной выгоде. Желтый ирис имеет два сорта цветков; первый оплодотворяется шмелями, а второй — сирфидами из отряда двукрылых.

Ваниль у себя на родине опыляется особым видом перепончатокрылых. В других областях приходится прибегать к искусственному опылению. Напротив, соцветия сложноцветных и зонтичных посещаются насекомыми самых разнообразных видов.

Организмы могут вступать друг с другом в так называемые топические связи, т.е., одни из них могут создавать определенные физические или химические условия для других организмов (через изменение абиотических факторов). Топические связи играют важную роль в формировании биоценозов и могут быть благоприятными и неблагоприятными. Под пологом леса, например, многие животные укрываются от непогоды, от врагов, находят там условия для размножения. Древесные растения сами по себе могут предоставлять убежища для различных животных, которые прячутся под корой, в почве, строят гнезда. На деревьях поселяются и растения — *эпифиты*.

В то же время часто трудно определить тип взаимоотношений: жук *Lomechusa* питается яйцами муравьев рода *Formica*, но муравьи не трогают его, потому что в особых ямках на поверхности тела жука выделяется сладкий секрет, который муравьи с удовольствием потребляют.



Результаты моделирования системы хищник—жертва на ЭВМ (по: Уильямсон, 1975).

Пищевое использование одних организмов другими.
Хищничество — поедание одного организма другим. Хищники — свободные организмы, занимающиеся поисками живой животной пищи. Хищники бывают первого порядка (питаются травоядными животными) и второго порядка (нападают на более слабых хищников). Численность популяций хищника и жертвы тесно взаимосвязана.

Паразитизм — тип взаимоотношений, выгодный одной популяции и неблагоприятный для другой, причем первая популяция состоит из

меньших по величине особей, чем вторая. Паразиты потребляют живое вещество или продукты его метаболизма, не убивая (во всяком случае, предварительно) своего хозяина. Именно поэтому можно сказать, что «хищник живет за счет капитала, а паразит — за счет прибыли». Некоторые растения являются полупаразитами (погресок, омела). Типичные бесхлорофилльные паразиты — подбельник, петров крест, гнездовка. Много внутриклеточных паразитов среди низших грибов — ржавчинных, головневых. Среди паразитических растений виды-полифаги часто состоят из физиологических рас, адаптированных к узкому кругу видов хозяев. Например, омела, паразитирующая более чем на 50 видах деревьев и кустарников, на самом деле состоит из различных рас, каждая из которых может паразитировать лишь на одном или нескольких видах.

Протокооперация — взаимовыгодные отношения, при которых организмы не зависят друг от друга.

Очень трудно классифицировать организмы, живущие во внутренних полостях животных. Маленький краб, живущий внутри раковины живой мидии, которая защищает его от хищников, является, по-видимому, просто комменсалом. Значительно более спорными являются взаимоотношения между кишечными популяциями микробов и хозяином: бактерия *Euscherichia coli* и многие простейшие считаются простыми комменсалами, однако бактерии, вызывающие разложение целлюлозы на ассимилируемые организмом сахара, могут служить примером мутуализма.

Химические сигналы проявляются на разных уровнях жизни. Вещества, продуцируемые одними особями и воздействующие на другие особи того же вида — феромоны. Вещества, влияющие на межвидовые отношения, называются аллелохимическими. Примером этого большого класса взаимодействий являются фенольные соединения, попадающие в почву при вымывании и при разложении тканей отмерших растений — потенциальная пища для одних сапробов и ингибиторы — для других. Среди веществ, выделяемых корнями, некоторые составляют пищу для микроорганизмов, окружающих корни, а некоторые действуют как химические сигналы, отпугивающие или привлекающие другие организмы. Запахи цветков, притягивающие насекомых-опылителей, играют двойную роль: они полезны и для растения, и для насекомого, которое находит в цветке пищу. У насекомых есть гормоны, управляющие линькой и превращением личинки во взрослую особь. Многие виды растений в ходе эволюции развивают способность к защите, продуцируя эти гормоны в собственных тканях (или их химические аналоги), и таким образом нарушают нормальное развитие большинства насекомых, которые могли бы питаться этими растениями.

Все высшие растения содержат **вторичные вещества**, то есть соединения, которые не входят в состав основных органических групп. Эти вещества не присущи сразу всем видам растений и, присутствуя в одних, отсутствуют в других. Эти вторичные вещества принадлежат к трем широко свойственным растениям группам и большому числу мелких групп, часть из которых встречается лишь у отдельных видов растений. Группа фенолов. Фенольные соединения, включая продукты

разрушения танинов и лигнинов, обильны в почвах и образуют основную часть мертвого органического вещества на Земле, прежде всего каменного угля и органики, дисперсно-распыленной в осадочных породах. Вследствие своего накопления в некротифе фенольные соединения являются, вероятно, наиболее массовым органическим веществом в мире.

2. Группа терпеноидов. Терпеноидные вещества выполняют в растениях многие функции, но большая их часть — это средства защиты растений против врагов.

3. Алкалоиды. Алкалоиды обуславливают резкий вкус многих растительных тканей, а некоторые из них очень токсичны для животных.

4. Среди малых групп горчичные масла относятся к серосодержащим соединениям, распространенным в растениях семейства крестоцветных и ряда других. Органические цианиды семейства розоцветных и некоторых других растений представляют пример поразительного эволюционного совершенства. Эти соединения объединяют три компонента: фенольные вещества, ядовитые цианиды и сахар, который присоединяется к этой комбинации, образуя молекулярное покрытие слоем сахара, делающим соединение безвредным для самого растения. При разрушении в пищеварительном тракте животных эти соединения утрачивают свою безвредность. (Миндаль обладает тонким довольно типичным запахом цианида). Образование соединений с сахарами (такие комбинации называются гликозидами) широко распространено среди вторичных веществ.

5. Неорганические вещества. Многие деревья тропиков и южного полушария, злаки выделяют между клетками микроскопические гранулы кремния (диоксид кремния, кварц), и этот растительный песок стирает зубы животных, поедающих злаки.

Отношения растений и фитофагов привели в ходе эволюции к возникновению у растений широкого круга защитных приспособлений: шипов, колючек, плотного опушения. Например, коровяк (*Verbascum*) из семейства норичниковых покрыт плотным войлочным опушением, и на пастбищах коровяки остаются нетронутыми. Существует *химическая защита растений*: многие биологически активные вещества

(алкалоиды, танины и другие фенольные соединения) вырабатывались, вероятно, в ответ на действия фитофагов. Способность растений вырабатывать токсины и накапливать их в своих тканях дает им конкурентное преимущество. Защитные вещества, вырабатываемые растениями, часто просто неприятны на вкус. Растения семейства крестоцветных производят много горчичных масел, отчего животные избегают поедать их. А вот хромены из класса фенольных соединений могут влиять на ювенильный гормон насекомых, который необходим для нормального протекания их жизненного цикла. Известны инсектицидные свойства пиретрума и многих других видов. Когда шелкопряд объедает листья дуба, в новых листьях, появляющихся на деревьях, содержание танинов и других фенольных соединений гораздо выше. Такие листья более жесткие и содержат меньше воды. Танины, вероятно, затрудняют усвоение пищи насекомыми благодаря их взаимодействию с белками, что приводит к замедлению роста популяции шелкопряда. При поедании побегов березы зайцами новые побеги содержат больше смолистых веществ.

Хорошо известна антибактериальная и репеллентная активность многих терпенов, входящих в состав эфирных масел. Поэтому эфирные масла часто входят в состав бактерицидных препаратов. Контактным ядом является и живица хвойных растений, которая дает им устойчивость к повреждению насекомыми-вредителями и болезням.

Таким образом, у высших растений имеется большое разнообразие химических веществ для защиты от поедания животными и других врагов.

Утрата токсинов в процессе искусственного отбора сказывается на культурных растениях, особенно плодовых, селекция которых шла на улучшение вкусовых качеств плодов. Это касается многих видов тыквенных, в частности, арбузов.

Организмы химически влияют друг на друга. Различают *коллины* – агенты влияния высших растений на высшие, *фитонциды* – высших на низшие, *антибиотики* – низших на низшие, *маразмины* – низших на высшие. Концентрация вторичных веществ в растениях часто такова, что вещества в большом количестве выделяются в окружающую среду либо живыми растениями, либо при разложении опада. Через почву они могут существенно влиять на другие сосудистые растения, почвенных животных, бактерии и грибы и даже на особи популяции растений, которые их вырабатали. Эффекты химического характера, когда одни высшие растения препятствуют росту других, называются аллелопатией. Водорастворимые вещества фенольной группы являются аллелопатическими в сообществах *Juglans*. Семена свеклы препятствуют росту других растений.

3.2. Появление в экологии термина «ниша» связано с именем Д.Гриннелла (1917). Позднее Г.Хатчинсон (1957), используя математическую теорию множеств, определил нишу как диапазон условий, в которых живет и воспроизводит себя особь или популяция. Хатчинсон ввел понятия *фундаментальной и реализованной ниши*. Фундаментальная ниша – совокупность потенциальных возможностей, реализованная ниша – реально занятый гиперобъем условий при биотических ограничениях. Ниша многомерна, ее можно описать количественно и оперировать с ней математически. Мерность – одна из важнейших характеристик ниши. Поскольку невозможно учесть все многообразие факторов, влияющих на популяцию, фундаментальная ниша является абстракцией.

Следует различать понятия «ниша» и местообитание – комплекс условий среды, в которых находится популяция. Ю. Одум (1986) определяет экологическую нишу как «положение, или статус, организма в экосистеме, вытекающие из его структурных адаптаций, физиологических реакций и специфики поведения». По образному выражению Одума, местообитание – «адрес» организма, ниша – его «профессия».

Ниши отдельных видов могут сменяться в онтогенезе. Огромное количество насекомых характеризуется полностью разделенными нишами в периоды личинки и имаго. Может происходить и плавное изменение реализованной ниши в процессе онтогенеза, связанное с изменением, например, размеров потребляемой пищи, что характерно для многих водных ракообразных, а также для ящериц и других животных.

Реализованные ниши r-стратегов (видов, характеризующихся высокой скоростью воспроизведения и короткой продолжительностью жизни) зависят прежде всего, от абиотических факторов, а K-стратегов (видов с относительно низкой скоростью воспроизведения и большой продолжительностью жизни) – от биотических факторов.

Уменьшение межвидовой конкуренции должно приводить к расширению ниши. Классическим примером такого расширения ниш могут служить данные М. Кроуэлла (Crowell, 1962), который провел сравнительные экологические исследования на популяциях трех видов птиц, живущих на Бермудских островах и на материке. Три вида птиц – потенциальных конкурентов (кардинал, американский пересмешник и виреон белоглазый) на островах создавали очень высокую плотность, а на материке – нет. Оказалось, что на островах число видов «наземных» птиц гораздо меньше, чем на материке. Значит, на островах три изучаемых вида имеют меньше конкурентов, чем на материке.

Под шириной ниши понимается протяженность или размер гиперобъема реализованной ниши.

Эволюция растительного и животного мира тесно связаны между собой. Жизнь на Земле зародилась в водной среде, а первые организмы имели малые размеры и простое строение. В течение эволюционной истории жизни организмы становились сложнее, увеличивалось разнообразие растительного и животного мира. Некоторые таксоны исчезали, на их месте появлялись другие. Периодически происходившие резкие изменения условий существования приводили к коренным изменениям в строении организмов и к появлению новых видов. С появлением новых видов в результате дивергенции появлялись и новые ниши. Э. Пианка (1981) считает, что межвидовая конкуренция – главная сила, приводящая к разделению ниш и возникновению разнообразия. Первые наземные организмы находились в «экологическом вакууме»: конкуренция отсутствовала. Выйдя на сушу, они быстро заняли многочисленные ниши суши. Р. Уиттэкер (1972) высказал предположение, что для органического мира характерна тенденция к самоусилению разнообразия.

3.3. Можно выделить 4 среды жизни: водную, наземно-воздушную, почву и живые организмы. Каждая из них определяется собственными химическими и физическими характеристиками.

Водная оболочка Земли называется гидросферой, и включает океаны, моря, реки, озера, болота, ледники и т.д. Вода занимает преобладающую часть биосферы Земли (71 % земной поверхности). Средняя глубина – 3554 м, вес 0,022 % веса планеты, площадь – 1350 млн. кв. км – океаны, 35 млн. кв. км – пресные воды. Абиотические факторы водной среды – это физические и химические свойства воды как среды обитания живых организмов.

Для *водной среды* особое экологическое значение имеют плотность, вязкость, давление. Плотность как экологический фактор определяет условия передвижения организмов, причем некоторые из них (головоногие моллюски, ракообразные и т.д.), обитающие на больших глубинах, могут переносить давление до 400 – 500 атмосфер. Плотность воды также обеспечивает возможность опираться на нее, что особенно важно для бесскелетных форм (планктон). Плотность чистой воды при 0° и давлении 760 мм рт. ст. в 775 раз больше, чем плотность воздуха при тех же условиях, что значительно снижает расход энергии на создание опорных тканей и на то, чтобы выдержать собственный вес. Плотность живой материи примерно равна плотности морской воды близ поверхности.

Давление, испытываемое водными организмами, возрастает на 1 атмосферу на каждые 10 м глубины.

Вязкость воды примерно в 60 раз выше вязкости воздуха при той же температуре.

Часть солнечной радиации, которая проникает в воду, частично поглощается и рассеивается. Степень проникновения солнечной радиации зависит от чистоты воды, глубины. Инфракрасное излучение полностью поглощается на глубине 1 м. Максимум проникновения меняется в зависимости от водоемов: смещенный в сторону коротких волн в чистых водоемах, он отклоняется в сторону длинных волн в водоемах, богатых органическими веществами. Эти различия находят свое выражение в большом разнообразии цвета водоемов от голубого до темно-коричневого.

Световой режим играет важную роль в распределении водных организмов. Водоросли в океане обитают в освещаемой зоне, чаще всего на глубине до 40 м, если прозрачность воды велика, то и до 200 м. С глубиной меняется и окраска животных. Наиболее ярко и разнообразно окрашены обитатели мелководной части океана. В глубоководной зоне распространена красная окраска, здесь она воспринимается, как черный цвет, что позволяет животным скрываться от врагов. В наиболее глубоководных районах Мирового океана в качестве источника света организмы используют свет, испускаемый живыми существами (биолюминесценция).

К химической характеристике вод относится соленость – содержание растворенных сульфатов, хлоридов, карбонатов. В пресной воде преобладают карбонаты, в соленой – хлориды и сульфаты. Средняя соленость Мирового океана 35 г/литр.

По трофности водоемы разделяются на:

- *олиготрофные* (вода бедна минеральным азотом и фосфором, прозрачна, синего или зеленого цвета). К этому типу принадлежат глубокие озера с крутыми берегами);
- *эвтрофные* (богаты азотом и фосфором). Обилие организмов приводит к истощению кислорода в глубинных водах во время фаз застоя, азот встречается там в аммиачной форме, а железо – в виде углекислой закиси железа. Вода малопрозрачна, от зеленовато-коричневого до коричневого цвета. Небольшие глубины, широкие пояса растительности);
- *дистрофные* (неглубокие озера с берегами, поросшими торфообразующей растительностью). Воды окрашены в бурый цвет взвесью гуминовых веществ. Кислород в дефиците, реакция более или менее кислая).

Переход от олиготрофии к эвтрофии – следствие расширения поясов литоральной растительности, а также поступления сточных вод населенных пунктов и заводов.

Температурный режим водоемов более устойчив, чем на суше, что связано с высокой теплоемкостью воды. Например, колебания t°

верхних слоев океана составляют 10 - 15°C, более глубоких слоев 3 - 4°C. Поэтому большинство водных организмов – stenотермы.

Температура в пресных водоемах от -0,9 до 25°C на поверхности, 4 - 5 °C на глубине. В стоячих водоемах умеренных широт существуют сезонные вертикальные перемещения воды, которые оказывают большое влияние на живых обитателей. Летом наиболее теплые слои воды располагаются у поверхности, а самые холодные у дна, т.е. температура воды на глубине уменьшается. В морях температура воды может быть от +35,6°C до -3,3°C. В придонном слое океанов $t^{\circ} = -1,87; +2^{\circ} \text{C}$. Геотермальные источники до +85: 93°C.

Водная среда характеризуется подвижностью. Даже в стоячих водоемах вода перемещается под действием ветра и температуры; в морях есть течения, приливы и отливы, штормы. За счет движения вода перемешивается и снабжается кислородом, уравнивается ее температура. Образованная проточными водами среда значительно отличается от среды стоячих вод постоянным обновлением и более значительными контактами с наземными местообитаниями:

1. скорость течения очень различна;
2. характер дна, имеющий большое биологическое значение, зависит от скорости течения. В быстрых потоках течение не сносит только камни. По мере замедления течения дно становится песчаным, затем илистым. При скорости меньше 20 см/сек оседают органические остатки, и органический ил, образовавшийся таким образом, образует биологически богатую среду;
3. температура проточных вод обычно одинакова для всей толщи;
4. насыщенность кислородом проточных вод, даже при отсутствии зеленых растений, бывает хорошей вследствие перемешивания и значительной протяженности поверхности потока по отношению к объему;
5. химический состав разнообразен. Вблизи истоков он зависит от природы скальных пород, через которые проходят подземные воды; по мере удаления от истоков проточные воды пополняются минеральными и органическими веществами в растворенном и взвешенном состоянии, приносимыми ручьями. В промышленных районах наблюдается все больше и больше сбросов ядовитых веществ, кислот, хлористого натрия и т.д.

Вместо концентрической зональности озер в реках происходит изменение вдоль их продольного профиля.

Водные организмы выработали специальные приспособления к подвижности среды. Мелкие растения (зеленые и диатомовые водоросли) срastaются с подводными камнями и не обрываются даже на бурных речных перекатах. У рыб быстро текущих рек тело в

поперечном сечении почти круглое (форель). Придонные организмы сплюснуты в дорзовентральном направлении, имеют органы фиксации.

Экологические группы гидробионтов:

1. *нектон* – активно передвигающиеся животные;

2. *планктон* – организмы, парящие в воде (фито- и зоопланктон, по размерам: нано-, микро-, мезо-, макро-, мегапланктон).

3. *бентос* – организмы, обитающие на дне, подразделяются по подвижности, способу питания, размерам. Детрит – мелкие частицы органического вещества, образующиеся за счет отмирания растений и животных, оседает на бактериях и, благодаря выделяемому в результате бактериального процесса газу находится в воде во взвешенном состоянии. Биофильтраторы – водные организмы, питающиеся детритом, играют огромную роль в биологической очистке водоемов (планктонные ракообразные, моллюски и др. Биофильтраторы населяют литоральную зону и бенталь.

4. *нейстон* – очень важная часть гидробионтов, связанных с пленкой поверхностного натяжения. Обитатели раздела воздуха и воды населяют ее и сверху и снизу.

Адаптации к жизни в воде разнообразны и сложны. У животных морей концентрация солей в организме почти такая же как и в воде, поэтому им не требуется особых механизмов сохранения воды. В пресных водоемах: поверхностная защита (чешуя, слизь, панцири), плавательный пузырь, всасывание солей в жаберной полости и др. физиологические приспособления.

Организмы, обитающие в наземно-воздушной среде, окружены воздухом – газообразной средой с низкой влажностью, плотностью и давлением, а также высоким содержанием O_2 . Свет здесь намного интенсивнее, чем в других средах, температура и влажность подвержены значительным колебаниям.

Подавляющее большинство животных этой среды передвигаются по поверхности почвы, а некоторые приспособились к полету; растения укореняются в почве. Им необходимы приспособления для сохранения воды: сложное строение покровов, механизмы терморегуляции, периодичность жизненных циклов по сезонам и т.д. Большая часть водяного пара содержится в нижних слоях атмосферы (до 2км). Влажность существенно зависит от температуры. Чем температура больше, тем больше водяного пара может содержать атмосфера. Разность между максимально возможной и текущей влажностью называется дефицитом влажности. Это важный экологический параметр, который характеризует сразу два фактора – температуру и влажность. Чем больше дефицит влажности, тем суше и теплее.

Появились органы, обеспечивающие газообмен – устьица у растений, легкие и трахеи у животных. Сильное развитие получили

опорные ткани, поддерживающие тело в среде с малой плотностью – скелет животных, механические ткани растений.

Газовый состав атмосферы практически постоянен и включает: кислорода 21%, углекислоты 0,03%, азота 78%, аргона 0,01% и другие газы, ряд примесей (водяные пары, фитонциды, пыль, промышленные газы). Азота и кислорода достаточно для нормального протекания процессов жизнедеятельности большинства растений. Роль фактора, к которому растения вынуждены активно приспосабливаться, играет углекислота. Концентрация углекислоты, соответствующая экологическому оптимуму для большинства растений – 0,06-0,4%. Это значительно выше ее естественного содержания в воздухе. Поэтому в природной обстановке растениям приходится перерабатывать большие объемы воздуха, чтобы удовлетворить потребности в углекислоте. Подсчитано, что для синтеза 1 кг глюкозы растение поглощает 2500 м² воздуха.

Давление атмосферы 760 мм ртутного столба. В атмосфере существует два типа зон, зависящих от давления:

- зоны пониженного давления (циклоны), которые характеризуются неустойчивой погодой, с большим количеством осадков;

- зоны повышенного атмосферного давления (антициклоны), которые характеризуются устойчивой погодой без осадков.

Движение воздушных масс – ветер. Движущей силой процесса является разность атмосферных давлений в двух точках земного шара. Воздух движется из точки с повышенным давлением в точку с пониженным давлением. Максимальная скорость ветра примерно 400 км/час – ураган. Ветер переносит примеси в атмосфере.

Воздушные течения стали использоваться для распространения семян и плодов, для переноса пыльцы, спор и т.д. Ветер может вызывать механические повреждения.

Почва – продукт взаимодействия сообществ живых организмов и геологического субстрата под влиянием климата и топографии. Вернадский определял почву как биокосное тело. Скальные породы (материнские) разрушаются под воздействием физических, химических и биологических воздействий – выветриваются. Выветривание ускоряется с увеличением живого населения. Можно выделить 4 компонента: минеральная основа (50 - 60%), органическое вещество (до 10%), воздух (15 - 25%), вода (25 - 35%).

Докучаев указывал 5 основных почвообразующих факторов: климат, геологическая основа (материнская порода), топография (рельеф), живые организмы и время. Почвы различаются по возрасту,

структуре, механическому составу, химизму, животному и растительному населению.

Зональные почвы – соответствуют климатическим условиям географических зон. Для территории Беларуси – подзолистые и дерново-подзолистые. *Азональные* – встречающиеся в разных географических зонах (болотные, аллювиальные).

Различные типы почв отличаются способностью удерживать воду. Песок обладает высокой водопроницаемостью: за 20 - 25 минут он промачивается на глубину до 1 м.

Гуминовые вещества – конечный продукт разложения отмерших организмов их частей. В зависимости от физико-географических условий, богатства видового состава почвенной фауны и видов растений при разложении опада образуются различные гуминовые вещества. При сильнокислой реакции получаются главным образом фульвокислоты, переходящие в результате полимеризации в гумолигнинные кислоты. Гумолигнинные кислоты играют главную роль в грубом гумусе (мор), типичном для хвойных лесов и торфа верховых болот. Грубый гумус беден азотом и очень медленно разлагается. Присутствие смол и дубильных веществ в подстилке хвойных лесов и под зарослями *Еписсаеа* обуславливает бедность почв животными-деструкторами и благоприятствует грибам. В грубом гумусе в большинстве случаев можно легко различать клеточную структуру растительных тканей.

В слабощелочных почвах (с CaCO_3) животные-деструкторы гораздо многочисленнее, так же как и бактерии, тогда как грибы отходят на задний план. Гуминовые кислоты содержат в молекулах до 5% азота, аморфны и образуют с известью нерастворимые гуматы кальция, придающие комковатую структуру. Возникает мягкий гумус, или мулль, активный и быстрее разлагающийся. Такие почвы отличаются хорошей аэрацией и оптимальной влагоемкостью, а также высоким содержанием питательных веществ. Особенно благоприятны для образования мягкого гумуса условия в злаковых степях. Чернозем – большое плодородие. Запас азота в верхних 30 см составляет около 16000 кг/га, так что при возделывании зерновых его достаточно на 200 лет.

Промежуточное положение занимает модер. В нем еще можно распознать отдельные растительные остатки.

Скорость минерализации и разложения гумуса в почве при благоприятных условиях влажности очень сильно зависит от температуры. Низкие температуры задерживают распад органических веществ. Во влажных тропиках разложение идет так быстро, что почвы практически лишены гумуса (весь запас питательных веществ биогеоценоза содержится в фитомассе живых растений). В тундре происходит наоборот значительное накопление гумуса. Чем богаче подстилкой и гумусом почвы в высоких широтах, тем большая доля всех питательных

веществ биогеоценоза содержится в почве, причем активный мягкий гумус всегда благоприятнее, чем бедный питательными веществами грубый гумус. Типы почв:

1. Арктические и тундровые (гумуса до 1 - 3 %)
2. Подзолистые (хвойные леса, гумуса до 4-5 %).
3. Черноземы (степь, гумуса до 10 %).
4. Каштановые (в сухих степях, гумуса до 4%).
5. Серо-бурые (пустыни субтропические пояса, гумуса 1 - 1,5%).
6. Красноземы (влажный субтропический лес, гумуса до 6 %).

Под **эндогенным почвообразованием** понимается процесс развития почв на первичных субстратах (торф, глина, песок, скалы) в результате собственной жизнедеятельности биогеоценоза. В зависимости от увлажнения, трофности, механического состава, баланса солей и некоторых других черт первичного субстрата, процесс почвообразования идет несколькими путями.

Например, почвообразование на болотах начинается в условиях сильной переувлажненности. В таких биотопах из-за избытка влаги сильно ощущается недостаток кислорода, что крайне затрудняет гумификацию и минерализацию органического вещества растительного опада. Со временем накапливаются мощные слои торфа. Торф, все выше поднимая дневную поверхность над уровнем зеркала грунтовых вод, способствует изменению увлажненности ее в сторону мезофильности. В верхних слоях значительно увеличивается количество видов и численность почвенных организмов, которые постепенно разрыхляют торф. Улучшившиеся условия аэрации способствуют ускорению разложения органики. Торф обогащается минеральными и гуминовыми веществами, происходит формирование почвенных горизонтов. Скорость гумификации и минерализации органики возрастает до тех пор, пока не установится состояние равновесия между накоплением и разложением, что характеризует зрелые почвы, соответствующие климатическим зонам, в пределах которых они образуются. Почвообразование по описанной схеме особенно характерно для северной части Беларуси, так как эта территория отличается большим количеством последледниковых озер с обильным выходом грунтовых вод на равнинах и низменностях, что благоприятствует развитию олиготрофных (на водоразделах) и евтрофных (в понижениях) болот. Наблюдаются три ряда почвообразовательного процесса, берущие начало на болотах, различающихся минеральным богатством вод: *олиготрофный*, *мезотрофный*, *евтрофный*. С ходом формирования почв, отличия инициальных стадий сильно сглаживаются и становятся неразличимыми к более зрелым стадиям. Все разнообразие почв любого региона формируется в рамках динамически стабильной системы

биогеоценозов, обусловленной условиями макроклимата. Биогеоценозы такой системы связаны между собой генетически и находятся в состоянии эндогенных сукцессионных смен. Завершающие стадии сукцессионного ряда обладают наибольшим восстановительным потенциалом.

Показатель рН различных почв колеблется от 3,0 до 9,0 и даже до 10,0. Кислотность повышают ионы водорода, алюминия, магния, щелочность - натрия и гидроксидов. Большинство растений предпочитает нейтральную, слабокислую или слабощелочную реакцию почвенного раствора (рН 6,5-7,5). К очень кислым (рН 3,0-3,5) относятся торфяники и оподзоленные лесные почвы. К кислым (рН 4,0-5,0) - большинство дерново-подзолистых почв и почвы влажных субтропиков. К слабокислым - северные черноземы. Нейтральными считаются мощные и обыкновенные черноземы и бурые почвы сухих степей. Щелочными - сильно карбонатные сероземы полупустынь, солонцевые почвы и солонцы.

рН могла бы служить индикатором богатства почвы питательными веществами. Щелочные почвы богаче, чем кислые грубогумусовые почвы, в которых питательных веществ мало. Ацидофильные виды в этом отношении нетребовательны. Наиболее ацидофильными видами принято считать чернику, ландыш, колосок душистый, вереск, мхи и др. Кислотоустойчивы и некоторые культурные виды - чай, лен, люпин, картофель, тимофеевка. Для люпина и картофеля значения рН 4,0-5,0 считаются оптимальными. К базофильным относятся мать-и-мачеха, клевер луговой, костер безостый, ветреница, хохлатка, володушка, черемша, горошек посевной и др. Свекла, люцерна, клевер не переносят кислых почв, а предпочитают нейтральные или слабощелочные с рН 7,0-8,0. В отношении культурных форм четко выявляется не только видовая, но и сортовая реакция растений. Очень устойчивы как к высоким, так и к низким значениям рН низшие организмы. Плесени, к примеру, способны существовать в интервале рН от 3,5 до 9,0, клубеньковые бактерии - от 4,0 до 10,0.

Соли всегда имеют морское происхождение. Внутри материков они высвобождаются при выветривании пород, представляющих собой морские отложения.

Для большинства растений легко растворимые хлориды и сульфаты токсичны. На засоленных почвах - лишь те виды, протоплазма которых устойчива к солям - галофиты. Все галофиты содержат в своем клеточном соке почвенные соли примерно в той же концентрации, в которой они находятся в почвенном растворе и таким образом компенсируют осмотическое давление последнего. Таким образом, для галофитов поглощение воды из сырых засоленных почв - не проблема; реальная проблема - это регулирование поглощения солей, а также

устойчивость протоплазмы к их токсическому воздействию. Как только достигнута некоторая оптимальная концентрация солей в вакуолях транспирирующих органов, поглощение солей из почвы с транспирационным током должно прекращаться, так как иначе концентрация в вакуолях уже в первый день настолько бы возросла, что растения погибли бы. Корни галофитов осуществляют ультрафильтрацию, т.е. пропускают воду, но задерживают растворенные соли. Вода, которая подводится к сосудам транспирирующих органов, практически свободна от солей; она, однако, постоянно находится под интенсивным воздействием сил сцепления, которые несколько превышают потенциальное осмотическое давление почвенного раствора и возникают благодаря соответственно высокой сосущей силе транспирирующих клеток листа. Потенциальное осмотическое давление содержащего соли клеточного сока в вакуолях этих клеток часто превышает 50 атм. Для регуляции содержания солей в вакуолях галофиты имеют солевые железы и способны активно выводить избыток солей. У многих галофитов – суккулентные листья или стебли, благодаря чему может происходить некоторое разбавление солевого раствора.

Многие виды чувствительны к содержанию в почве кальция, азота и других элементов. Некоторые растения (крапива двудомная, белена черная, дурман обыкновенный и др.) – нитрофилы. В них нитраты накапливаются в таких количествах, что легко обнаруживаются в клеточном соке.

Обстановка на известняковых породах зависит не от присутствия кальция, а от слабощелочной реакции расщепляющегося при гидролизе CaCO_3 . У всех почв, содержащих известь, pH выше 7,0.

Соли тяжелых металлов (меди, свинца, цинка и др.) для большинства растений ядовиты. Лишь немного видов могут расти на таких почвах и, разумеется, почти не испытывать конкуренции со стороны других растений. Например, один из подвидов минуартии весенней (*Minuartia verna subsp. hercynica*) встречается только в районе выхода на поверхность медистых сланцев и растет на отвалах, возникших при разработке этой горной породы.

Особое значение имеет в почве *ризосфера*, т. е. ближайшее окружение корней растений, в котором обнаруживается наибольшее количество микроорганизмов. Обильнее всего микрофлора на корневых волосках. Такое богатство микробами в ризосфере обусловлено выделениями корней (сахара, аминокислоты, органические кислоты, нуклеотиды, фосфатиды, витамины). У бобовых преобладают азотистые соединения, у хлебных злаков – углеводы и органические кислоты. Поэтому флора ризосферы у бобовых особенно богата (не говоря об

азотфиксирующих бактериях), и почвенное дыхание полей бобовых очень интенсивно.

В обычных условиях при наличии в почве пор, занимающих по объему 15-40%, содержание кислорода и углекислоты в верхних слоях близко к таковым в атмосфере.

Почвенные частицы удерживают около себя некоторое количество воды. *Гигроскопическая вода* – адсорбируется за счет водородных связей на поверхности частиц, удерживается даже в очень сухих почвах. В глинах ее до 15% веса почвы, в песках около 0,5%. *Капиллярная вода* – удерживается силами поверхностного натяжения. Может подниматься по порам к поверхности и испаряться. Играет наибольшую роль в водоснабжении растений. *Гравитационная вода* свободно просачивается сквозь почву до водоупорного слоя.

Наблюдаются суточные и годовые колебания температуры в почвах.

1. Период колебаний температуры почвы не изменяется в зависимости от глубины и физико-химических свойств грунта. Суточный термальный цикл длится 24 ч, годовой цикл – 12 месяцев.

2. Амплитуда температуры почвы изменяется с глубиной: при увеличении глубины в арифметической прогрессии амплитуда убывает в геометрической.

Экологические группы почвенных организмов: геобионты – постоянные обитатели почвы (дождевые черви); *геофилы* – животные, часть цикла развития которых обязательно проходит в почве (большинство насекомых в стадии личинок или куколок); *геоксены* – животные, посещающие почву в качестве укрытия или убежища (живущие в норах).

По размерам почвенные организмы делятся на 3 группы:

- *микробионты* (микроорганизмы, водоросли, бактерии, грибы, простейшие),
- *мезобионты* (почвенные нематоды, личинки, насекомые, клещи и т.п. Питаются в основном бактериями и детритом),
- *макробионты* (крупные насекомые, дождевые черви и др. вплоть до роющих позвоночных).

Некоторые растения и животные поселяются внутри или на поверхности организма и используют его для своей жизни – это *паразитизм*. Организм хозяина для паразита – это специфическая среда жизни.

Явление жизни связано с определенным уровнем организации материи. Возникновение, формирование живых систем и возможность реализации в них жизненных процессов зависят от выполнения ряда условий.

1. Жизнь может возникнуть и развиваться только в условиях дифференциации материи. В окружении живых организмов должны выступать

многочисленные химические элементы, входящие в их состав, так как реализация процессов роста и развития организмов зависит от их получения.

2. Жизнь может существовать только в таких температурных условиях, в которых могут появиться и существовать сложные органические соединения. Условия эти соответствуют лишь небольшому отрезку шкалы температур, наблюдающихся в природе. Жизнь относится к явлениям "холодным", проходящим в нижней части температурной шкалы. Существование организмов возможно в промежутке температур от -270 до $+150^{\circ}\text{C}$, однако большинство организмов выдерживает температуры от 0 до 80°C , а сохраняет активность в границах от 0 до 30°C . Температуры, выходящие за границы этого интервала, являются скорее температурами переживания, а не нормальной жизненной активности. Температурные условия жизни, таким образом, приближены к тем, при которых вода находится в жидком состоянии.

3. Жизнь может существовать только в условиях определенной плотности и давления материи. На поверхности больших небесных тел, где господствует давление большее, чем на Земле, возникновение сложных частиц мало правдоподобно.

4. Для существования жизни в среде необходимы источники энергии и минералов, составляющих основу жизненных процессов.

5. Среда, в которой существует жизнь, должна быть защищена от ультрафиолетового излучения, которое при большой интенсивности летально для всех организмов.

С экологической точки зрения жизнь не должна быть исключительным явлением во Вселенной, связанным только с нашей планетой. Она может появляться всюду, где выполняются условия L.J. Lafleur. На астрономическом уровне это означает ситуацию, когда: 1) около звезды, являющейся источником энергии, существует планетная система; 2) орбиты планет близки к круговым, в результате чего количество энергии, доходящей до поверхности планет, постоянно; 3) планеты обращаются вокруг своей оси, в результате чего вся их поверхность нагревается равномерно; 4) поверхность планеты разделена на три сферы: литосферу, гидросферу и атмосферу, что гарантирует стабильность условий среды и делает возможным возникновение биосферы.

По некоторым оценкам, в пределах нашей Галактики около 5 млн. звезд имеют планетные системы, подобно Солнечной, и существует теоретическая возможность возникновения и развития жизни.

Лекция 4.

ДЕМЭКОЛОГИЯ. ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ

4.1. Популяция как саморегулирующаяся система. Современные представления о популяции. Основные параметры популяции: плотность и численность. Кривые выживания. Динамические характеристики популяции: рождаемость, смертность, миграции. Факторы регуляции численности популяций. Структура популяций: пространственная, возрастная, половая. Принципы В.Олли.

4.2. Принципы эксплуатации популяций лекарственных растений. Генетическая и фенетическая гетерогенность природных популяций лекарственных растений как основа их рационального использования, скорость восстановления зарослей лекарственных растений, определение наиболее рациональных режимов заготовки сырья.

4.3. Биогеоценоз. Понятие экосистемы, компоненты, структура. Виды эдификаторы, ключевые.

4.4. Экогенетические сукцессии. Понятие об экогенетических сукцессиях, общие закономерности сукцессий, внутренний механизм сукцессионных смен, устойчивое равновесие, признаки стабильности экосистем, резистентность, упругость. Классификация экогенетических сукцессий.

4.1. Понятие популяция как научный термин впервые использовано в генетике Г. Иоганнсенем (1903 г.). Наиболее полно отражает современное представление о популяции следующее определение: популяция – минимальная самовоспроизводящаяся группа особей одного вида, на протяжении эволюционно длительного времени населяющая определённое пространство, образующая собственное экологическое гиперпространство (Яблоков, 1987).

Минимальная самовоспроизводящаяся группа – это группа особей, которой присуща эволюция. Минимальный размер для самовоспроизводства на протяжении длительного числа поколений обозначает численность, достаточную для выживания популяции при резких изменениях факторов среды.

Собственное экологическое гиперпространство. Концепция экологической ниши как собственного многомерного пространства в биологическом и физическом пространстве приложима и к популяции.

Популяция как первая надорганизменная биологическая макросистема обладает определенными параметрами: плотностью, рождаемостью, смертностью, структурой (пространственная, половая, возрастная, генетическая и т.д.), способностью к переселению.

Плотность популяции – величина популяции (численность, биомасса) отнесенная к единице пространства (площадь, объем). *Численность* – общее количество особей, полный подсчет которых почти всегда невозможен. Поэтому реальной мерой обилия является плотность.

Любой природной популяции свойственно изменение численности. Этот процесс обусловлен основными динамическими характеристиками:

- *рождаемость* – количество особей (яиц, семян и т.д.), производимых одной самкой в единицу времени. Для человека рождаемость – количество родившихся на 1000 населения в год. Существует понятие *максимальная рождаемость* (абсолютная, физиологическая) – максимально возможное количество особей, производимых в идеальных условиях. Это постоянная величина для каждого вида. Реальная рождаемость зависит от величины популяции, ее структурных особенностей, условий среды. *Повозрастная рождаемость* – рождаемость в разных возрастных группах.

- *смертность* – кол-во особей, умирающих в единицу времени в расчете на особь в популяции.

- *иммиграция и эмиграция* – вселение или выселение особей в единицу времени на особь популяции.

Эти характеристики сильно варьируют с возрастом. Поэтому целостное представление о популяции дают кривые выживания. Три типа:

- 1) смертность одинаковая во всех возрастах. Характерен для птиц и многих других животных, например, гидр, ящериц.

- 2) очень высокая смертность на ранних стадиях развития (тип устрицы) – у организмов с большой плодовитостью и отсутствием заботы о потомстве (все морские и пресноводные беспозвоночные, рыбы, большинство насекомых).

- 3) смертность до определенного возраста низкая, затем быстро возрастает (большинство млекопитающих).

По характеру изменения численности популяции разделяются на три группы: 1) стабильные (очень редки), 2) растущие, 3) сокращающиеся (реликтовые растения и животные).

Численность и плотность популяции подвержены колебаниям, как случайным, так и периодическим, постоянным. Для популяции каждого вида всегда имеются верхние и нижние пределы плотности, за границы которых она выходить не может.

Изучение изменчивости плотности природных популяций во времени имеет важнейшее значение не только для правильной оценки всех популяционных показателей, но и для прогноза дальнейшего развития популяций и их роли в функционировании сообществ.

Сезонная изменчивость численности характерна практически для популяций всех видов. Частота и размах колебаний определяются особенностями биологии видов, абиотическими факторами и межпопуляционными отношениями. Сезонные колебания численности могут быть очень значительными (у некоторых насекомых в 1300 - 1500 раз). Характер сезонной динамики популяций может сильно различаться из года в год, и эти различия определяют так называемую годовую или межгодовую изменчивость. Особый интерес представляют циклические изменения численности. Четко выражены два цикла: 3-4 года (лемминг) и 10-11 лет (заяц-беляк, рысь). Многие ученые связывают цикличность изменений численности с активностью Солнца. Связь с солнечной активностью установлена для численности сибирского шелкопряда, эпизоотий чумы, многих вредителей леса, полевок, землероек, кротов. Но есть немало других природных процессов, влияющих на это. Многолетняя цикличность – форма существования природных сообществ.

Согласно современной теории, колебания численности популяций – автоматически регулируемый процесс, состоящий из отклонений, вызванных случайными воздействиями среды (модифицирующие факторы), и стабилизирующего действия биотических характеристик, функционально связанных с плотностью популяций (регулирующие факторы).

Любой фактор может действовать на популяцию в связи с плотностью, такой фактор называется *зависимым от плотности (ЗП)*. Влияние ЗП-факторов проявляется при росте дрожжей в непроточной культуре, когда сопротивление среды (в данном случае – накопление вредных метаболитов) прямо пропорционально плотности. Как правило, *независимые от плотности (НЗ)* – это абиотические (климатические, физические и др.). ЗП – биотические (конкуренция, паразиты, влияние эндо- и экзометаболитов).

В большинстве случаев неизбежно взаимодействие НП и ЗП-факторов. Например, погодные условия влияют на скорость развития, выживаемость, плодовитость насекомого-фитофага. Но в то же время они влияют и на состояние кормового растения. В результате, рост насекомого будет находиться под непосредственным и опосредованным (через кормовое растение) влиянием погодных условий.

Тенденция популяций, поддерживать внутреннюю стабильность с помощью собственных регулирующих механизмов называется гомеостазом, а колебание численности популяций в пределах средней величины – динамическим равновесием.

Гомеостаз поддерживается факторами, зависимыми от плотности. Саморегулирующаяся система не замкнута, активно взаимодействует с окружающей средой и подвержена изменениям, как циклическим, так и

необратимым. Для каждого вида имеется определенный оптимум плотности популяций, при отклонении от которого включаются соответствующие механизмы регуляции.

У многих организмов при увеличении плотности популяции уменьшаются размеры особей, снижается их плодовитость, увеличивается смертность на ранних стадиях развития, замедляется наступление репродуктивного периода, изменяется соотношение полов и т.д. Нередко у животных при чрезмерном возрастании плотности популяции стимулируется каннибализм. Важнейшим механизмом регуляции является также эмиграция, когда происходит выселение части особей в менее предпочитаемые ими места обитания.

У растений в переуплотненных популяциях наблюдается уменьшение количества семян, острая конкуренция за свет и влагу, в результате которой часть растений погибает.

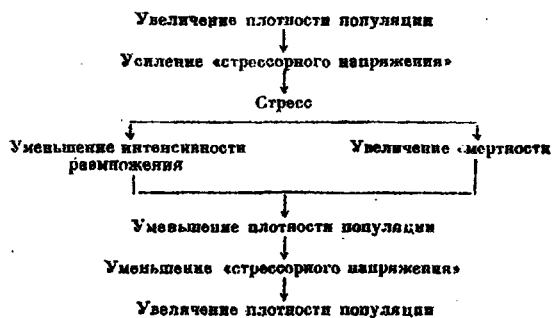


Рис. 4.1. Схема зависимости плотности популяции от интенсивности воздействия среды.

Чтобы реально оценить численность необходимо учесть, что природным популяциям свойственны различные пространственные структуры. Различают три главных типа распределений особей в пространстве:

Равномерное – может встречаться там, где между особями сильна конкуренция или существует антагонизм, способствующий равномерности распределения.

Случайное – при невысокой численности и малой конкуренции, наблюдается, когда среда однородна и особи не стремятся объединяться в группы. В природе встречается редко.

Агрегированное – самое распространенное. Причины агрегированности разнообразны: 1- локальные различия в местообитании, т.е. биотопическое разнообразие, 2- суточные и сезонные изменения погодных условий, 3- особенности размножения, 4- социальное поведение. У растений агрегированность может быть обусловлена первыми тремя причинами. У животных – всеми четырьмя. Например, чем менее подвижны стадии расселения, тем выше агрегированность: у дуба, хурмы семена не имеют специальных приспособлений для расселения, и дочерние особи прорастают рядом с материнской. Агрегированность может играть положительную роль – когда группа растений лучше противостоит ветру или способствует уменьшению потери воды по сравнению с одиноким растением. Но есть и отрицательный эффект – конкуренция за свет и минеральные ресурсы.

Принцип В.Олли: недонаселенность (отсутствие агрегации) и перенаселенность могут оказывать лимитирующее влияние на выживаемость и скорость роста популяции.

Успешная агрегация у высших животных с социальным поведением называется *образованием безопасных поселений*. Вероятно, городская агрегация благоприятна для человека лишь до определенной плотности. С увеличением ее увеличивается стресс.

Под структурой популяции понимается определенное количественное соотношение особей в популяции по тому либо иному признаку и свойству. Различают возрастную, половую, размерную, генетическую, фенетическую, этологическую и многие другие структуры.

Половые внутрипопуляционные группировки формируются на основе неодинаковой морфологии и экологии различных полов. Они часто различаются и по характеру питания (у многих комаров самцы добывают сок растений, а самки – кровососущие паразиты). Особи разного пола могут большую часть года жить раздельно, например, морские котики.

Половая структура популяции характеризуется первичным (при формировании зигот), вторичным (у новорожденных) и третичным (в момент наступления половой зрелости) соотношением полов. *Первичное* соотношение полов определяется в процессе мейоза обычно близко 1:1. *Вторичное* – когда на генетическую обусловленность накладывается влияние экологических факторов. У некоторых животных (рыб, амфибий) – температура или концентрация гормонов могут влиять на развитие таким образом, что половой фенотип не будет соответствовать хромосомному набору. Теоретически это возможно у всех позвоночных, поскольку гонады у них закладываются сначала как бисексуальные образования. *Третичный* состав полов весьма динамичен. Существует общая для человека и других млекопитающих

закономерность – уменьшение доли самцов в старших возрастных группах.

По отношению к популяции выделяют обычно три экологических возраста: предрепродуктивный, репродуктивный, пострепродуктивный. Длительность каждого из них сильно варьирует. *Возрастная структура* определяется:

- 1) продолжительностью предрепродуктивного возраста,
- 2) общей продолжительностью жизни,
- 3) продолжительностью периода размножения,
- 4) временем генерации,
- 5) частотой приплодов,
- 6) характером кривой выживания в разных возрастных группах.

Все эти параметры видоспецифичны, однако, в каждой конкретной популяции они формируются под влиянием среды. Поэтому структура популяции изменчива в изменяющихся условиях среды.

При благоприятных условиях в стабильной популяции присутствуют все возрастные группы, молодые и старые в соотношении 1:1. В сокращающихся популяциях преобладают старые особи, неспособные интенсивно размножаться. В быстро растущих популяциях преобладают молодые особи.

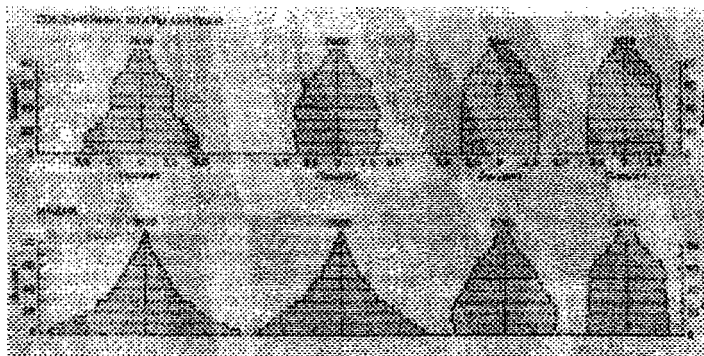


Рис.4.2. Возрастная структура населения США и Индии, которая будет складываться по мере замедления роста численности.

На рис. 4.2 показана относительная доля каждой возрастной группы. Возрастная структура населения Индии в 1970 г. с высоким процентом детей и молодых людей (широкое основание пирамиды) характерна для популяции, которая растет очень быстро. Предполагаемая для обеих стран возрастная структура населения в 2075

г. характеризуется более равномерным распределением по разным возрастным группам вплоть до того момента, когда люди начинают умирать от старости (примерно 60 лет). Подобное распределение характерно для стационарного состояния популяции человека.

Скорость размножения. Наиболее важные показатели скорости популяционного роста – это чистое воспроизведение или чистая скорость размножения (R_0), время генерации (T), врожденная скорость популяционного роста (r). *Чистая скорость размножения* (R_0) – это среднее число потомков, произведенных одной особью за всю жизнь. Популяция растет, если $R_0 > 1$, стационарна, если $R_0 = 1$ и сокращается, если $R_0 < 1$.

Виды, которые имеют высокое значение врожденной скорости популяционного роста, называются *r-видами*. Виды с *r-стратегией* быстро заселяют новые местообитания, быстро используют доступные ресурсы и замещаются другими, т.е. данное местообитание они занимают лишь в течение жизни одного, максимум нескольких поколений (бактерии, насекомые, однолетние растения).

Виды с относительно низким значением врожденной скорости называются *K-видами*. Виды с *K-стратегией* более конкурентноспособны и вытесняют *r-виды*, образуя стабильные сообщества. Между этими крайними типами существует ряд промежуточных.

Функциональные группировки тесно связаны с первыми двумя, поскольку разные возрастные и половые группы могут обеспечивать различные функции. Особенно четко прослеживаются у животных, развивающихся с метаморфозом.

4.2. Важнейшим проявлением сложности генетической структуры популяции является внутрипопуляционный полиморфизм, т.е. длительное сосуществование двух и более генетически различных форм (в таких соотношениях, что частоту даже наиболее редкой формы нельзя объяснить только повторными мутациями).

Сложность непосредственного изучения генетической гетерогенности популяций способствовала развитию *фенетики*, отличающейся собственным новым методологическим подходом. Этот подход заключается в выявлении и изучении дискретных вариаций любых признаков (морфологических, физиологических и др.), маркирующих своим присутствием генетические особенности разных групп особей внутри вида. **Фен** – это дискретная вариация какого-либо признака или свойства, неделимого без изменения качества. Фены в определенной мере отражают генотип особи, а частота их встречаемости – особенности генетической структуры популяции. Фены могут быть выделены среди любых фенотипических проявлений:

морфологических, физиологических би химических и т.д. Вариации признаков гороха, выбранные Г. Менделем, вполне отвечают понятию фен: они дискретны, альтернативны, своим присутствием маркируют тот или иной генотип, а их частоты могут маркировать генетические особенности групп особей – линий, сортов и т.п.

Знание фенетической структуры помогает в определении границ популяций. Популяции должны отличаться друг от друга по концентрации разных фенов. Поэтому, если при исследовании в природе наблюдается резкий перепад в частотах каких-либо фенов, то можно предположить прохождение межпопуляционной границы. Известный литературный пример: граница двух популяций *Arphia conspersa* – глубокий каньон в штате Колорадо, непреодолимый для них. По разные его стороны обитают две разные популяции, что подтверждается разной встречаемостью особей с желтой и оранжевой окраской.

Знание популяционных характеристик лекарственных растений имеет особую важность для рационального режима заготовки. Ландыш майский – мезофитное растение, образует плотные заросли на слабокислых почвах. Ценопопуляции ландыша образуют покров в дубравах, сосняках, ельниках, а также образовавшихся после их вырубki березняках и осинниках. Южную границу его ареала определяет недостаток влаги, а северную – недостаток тепла. При достаточно широком экологическом спектре, максимальная урожайность надземной части ландыша достигается в дубравах. Кроме того, они имеют различия в численности, продуктивности, степени развития особей. Быстрее всего заросли ландыша восстанавливаются в дубравах, т. е. там, где для этого вида имеются оптимальные условия. Полное восстановление биомассы происходит здесь за 2 года. В сосняках же за этот период восстанавливается только 55 % биомассы. Но для восстановления структуры популяции необходимо более длительное время. Поэтому рекомендуется заготавливать ландыш в зоне широколиственных лесов 1 раз в 4 года, а в более северных регионах – 1 раз в 5-6 лет. Следовательно, режимы заготовок ландыша на разных территориях должны быть неодинаковыми.

Аналогичные данные о сроках восстановлении популяций после заготовок сырья были получены для брусники, черники и некоторых других лекарственных растений.

Экологические условия оказались определяющими и для режимов заготовки коры крушины ломкой. Крушина неприхотлива, обычно растет в виде разреженного подлеска в мелколиственных, хвойных и смешанных лесах. Нередко крушину можно встретить и на вырубках вместе с ольхой серой и березой повислой, где складываются оптимальные условия для полноценного развития крушины. Здесь ее

популяции восстанавливаются за 3 года. Лесные популяции при одинаковом способе заготовок восстанавливаются на 48 % в березняке и только на 18 % в ольшанике. Поэтому систематическую заготовку коры следует проводить только на вырубках, а под пологом древостоя возможна лишь разовая заготовка. В обоих случаях ее предпочтительно проводить путем срубания стволов и ветвей, а не срезания коры с живых растений без их вырубки, поскольку поврежденные экземпляры часто являются субстратом для многочисленных фитопатологических заболеваний.

Скорость восстановления зарослей лекарственных растений напрямую зависит и от антрополических факторов. В качестве примера можно привести эксперимент с различными способами заготовки сырья зверобоя продырявленного. Зверобой произрастает по опушкам хвойных и смешанных лесов, на лугах, по берегам рек и озер, на залежах. На суходольном лугу с участием многочисленных злаков, пижмы, клевера и других растений провели 3 варианта заготовок:

- 1 — ежегодные заготовки,
- 2 — с однолетним интервалом после двух лет заготовки,
- 3 — с однолетним интервалом после одного года заготовки.

Средняя сырьевая продуктивность в течение первых трех лет оказалась самой высокой в 1 варианте (1116 кг/га воздушно-сухого сырья). Во 2-м — 86% от первого варианта, и в 3-м — 69 %. Казалось бы, наиболее рациональным режимом заготовок следует признать первый вариант. Однако, ежегодные заготовки ведут, во-первых, к полному уничтожению заросли, а во-вторых, уже через 4 года такой эксплуатации сырьевая продуктивность зверобоя снизилась в 20 раз. В-третьих, химический анализ сырья дал низкие показатели по содержанию действующих веществ. Таким образом, режим заготовок с однолетним интервалом через каждые 2 года оказался наиболее предпочтительным.

Значительно большее время на восстановление требуется тем растениям, у которых заготавливаются подземные органы. Например, после заготовок корневищ диоскореи nipпонской, пиона уклоняющегося, папоротника мужского или горца змеиноного необходим перерыв в 20 - 30 лет.

В тех случаях, когда лекарственным сырьем является «травя», период восстановления популяций можно определить в прямом эксперименте, имитирующем заготовку. Для этого делается детальная эколого-ценотическая характеристика участков заготовки, которая включает сведения о высоте, численности, густоте растений, их биомассе, участии в структуре сообщества и т.д. как на участке заготовки, так и на контрольном участке. Затем производится заготовка при разных режимах. Заросль считается восстановившейся, когда

полученная вновь экологическая характеристика участка заготовки приближается к исходной и совпадает с таковой контрольного участка. Гораздо сложнее определить сроки восстановления зарослей тех растений, у которых заготавливаются медленно отрастающие органы или их части (корни, корневища). В этом случае экспериментальное изучение сроков восстановления нерационально из-за необходимости очень продолжительного периода наблюдений. Поэтому сроки восстановления определяют по продолжительности накопления сырьевой фитомассы, т.е. по среднему возрасту растений.

Эксплуатация любого вида должна осуществляться на основе научно обоснованного режима, который предусматривает меры по охране и обеспечению естественного возобновления. Основные принципы рационального использования лекарственных растений:

1. Правильное планирование и районирование заготовок сырья – это создание целевых долгосрочных программ ресурсосведческих исследований отдельных регионов. Разработка рекомендаций по размещению заготовок лекарственных растений и регулированию их объема.

2. Учет биологических особенностей лекарственных растений – установка режимов и способов сбора сырья.

3. Нормирование заготовок сырья.

4. Соблюдение способов и правил заготовки сырья.

5. Поиск новых, перспективных для использования видов.

4.3. Биоценоз – организованная группа популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды. Пространство с относительно однородными условиями, занимаемое и создаваемое биоценозом, называется биотопом. Для упрощения изучения биоценозы условно делят на фитоценозы, зооценозы и микробиоценозы. Следует понимать, что это компоненты биоценоза, а не самостоятельные группировки. Не может быть динамической системы, состоящей только из растений или только из животных.

Биоценоз образует с биотопом биологическую макросистему более высокого ранга – биогеоценоз.

Термин "биогеоценоз" предложил В.Н. Сукачев в 1940 году для обозначения участка земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы и гидросферы остаются однородными и имеющими однородный характер взаимодействия между ними, и поэтому в совокупности образующими единый, внутренне взаимообусловленный комплекс.

Примеры биогеоценозов – ельник кисличный, луг злаково-бобовый и др. Биогеоценоз часто используется как синоним термина "экосистема", однако эти понятия не тождественны. *Экосистема* –

более широкое понятие, включающее совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом. Термин предложен английским экологом А.Тенсли в 1935 году. Биогеоценоз – это экосистема в границах растительной ассоциации (фитоценоза). Экосистемой же можно называть и макросистемы более высокого ранга.

Неживой компонент – неорганические вещества, включенные в круговороты; органические вещества и климатический режим. *Живой компонент* – продуценты (автотрофы), консументы (потребители) и редуценты (деструкторы, разрушители). Любой биогеоценоз, независимо от его размеров и сложности, состоит из этих основных звеньев, между которыми возникают связи самых различных порядков – параллельные и перекрещивающиеся, переплетенные и т.д.

Биогеоценозы характеризуются относительно устойчивым видовым составом, поддерживающимся во времени с помощью саморегуляции. Каждому характерно определенное количество видов, которое зависит от географической зоны. Например, в тропических лесах насчитываются тысячи видов растений, которые распределяются среди свойственных этой зоне биогеоценозов. В тундре же всего около 800 видов растений.

Виды, составляющие сообщество, можно разделить по степени их влияния на сообщество в целом. Обычно в биоценозе можно выделить один или несколько видов с наиболее высокой численностью или биомассой (более 5%). Эти виды называются *доминантными*. Они занимают ведущее, господствующее место в биоценозе. Например, дуб в дубраве, сосна в сосняке и т.д. *Субдоминанты* – 2-5%, *рецентные* (сопутствующие виды) – менее 2%.

Между индексом доминирования и видовым богатством (разнообразием) может быть как положительная, так и отрицательная корреляция. Доминирование обычно считается результатом конкурентного преимущества (исключение или частичное вытеснение других видов). Как бы ни было велико видовое разнообразие в сообществе, только несколько видов достигают высокой плотности или биомассы. Большинство же видов встречаются редко и не играют существенной роли в трансформации вещества и потоке энергии в экосистемах. Тем не менее, важность этих видов несомненна. Если по какой-то причине доминирующие виды будут уничтожены, то виды, игравшие подчиненную роль в экосистемных процессах, могут их заменить и тем самым сохранить экосистему. Необходимо понимать, что редкие виды важны для сохранения стабильности сообществ и экосистем во времени, так как именно видовое богатство в целом характеризует приспособленность сообщества.

Эдификаторы – виды, определяющие облик биоценоза, создающие условия жизни для других видов. Эдификаторная роль проявляется у разных видов в разной степени. Есть мощные эдификаторы, сильно изменяющие условия окружающей среды, например, сфагновые мхи, которые создают очень специфичные условия с кислой реакцией среды, плохой аэрацией, бедностью элементов минерального питания. Среди древесных растений выделяется ель, создающая густые, сильно затененные леса с повышенной влажностью воздуха, опад ее сильно закисляет почву, а вещества смолы препятствуют размножению микроорганизмов-деструкторов.

Те виды, роль которых может быть критической для существования сообщества, определяющей его структуру, называют *ключевыми*. Экспериментальное изъятие ключевого вида может привести к исчезновению ряда видов или их замещению другими видами. Ключевой вид может вызывать прямой эффект (например, непосредственное уничтожение жертвы) и опосредованный эффект (конкурентное исключение слабого конкурента видом, который контролирует численность жертв, потребляемых слабым конкурентом). Ключевые виды могут быть редкими и обычными, генералистами или специалистами в потреблении пищи. Обычно сами ключевые виды не играют, большой роли в трансформации вещества и энергии, но формируют структуру сообщества, в которой эта трансформация осуществляется. Роль ключевых видов хорошо просматривается и в водных сообществах. Для прудов умеренной зоны это – амфибии.

В сообществах хорошо выделяются группы видов, сходных по экологическим (чаще пищевым) предпочтениям и функциям – *гильдии*. Гильдия – не таксономическая, а экологическая единица сообщества. К примеру: гильдия жуков копрофагов, гильдия птиц дуплогнездников.

В каждой экосистеме происходит постоянный круговорот веществ, однако речь идет не о замкнутой системе, а об открытой, так как имеет место приток энергии извне с солнечным излучением и приток вещества с осадками, при газообмене, отложении пыли, с попадающими сюда животными и т.д. С другой стороны, экосистема отдает энергию в виде излучения, турбулентности и т. д., а также теряет вещество в процессе газообмена, с фильтрующимися или стекающими водами, при распылении частей растений или с покидающими данную экосистему животными. Выделяют следующие функциональные группы организмов биогеоценоза:

1. *продуценты*, т.е. автотрофные организмы синтезируют из CO_2 и H_2O , а также неорганических солей почвы органические соединения, преобразуя световую энергию в химическую. Совокупность

органического вещества, образуемого всеми видами растений данного сообщества, называют первичной продукцией;

2. *консументы*, животные организмы, питаются растительной пищей и часть ее преобразуют в животную биомассу. В свою очередь они могут служить пищей другим животным. Совокупность образуемого животными вещества называют вторичной продукцией;

3. *деструкенты* (редуценты), окисляют органические соединения до CO_2 и H_2O . Это, главным образом, находящиеся в почве гетеротрофные микроорганизмы (бактерии, грибы, простейшие), полностью разлагающие, т.е. минерализующие все растительные и животные остатки.

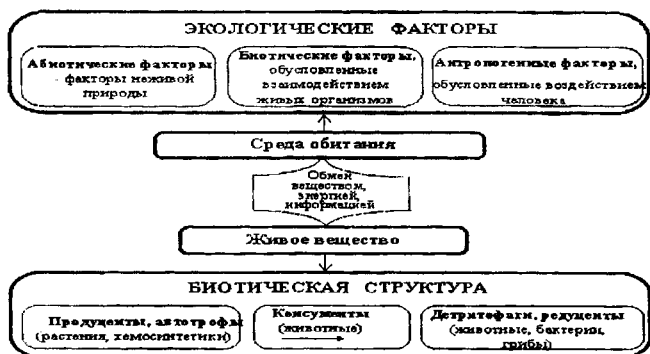


Рис. 4.3. Схема взаимодействия в биогеоценозе живого вещества и среды обитания.

Различные способы сочетания одновременно представленных в сообществе видов характеризуют его *структурно-функциональную организацию*:

1. Стратификационная структура (вертикальное расслоение, ярусность растительного покрова, структура почвенных профилей);
2. Характер активности (периодичность);
3. Структура пищевой сети (сетевая организация пищевых цепей);
4. Репродуктивные системы (ассоциации родителей и потомков, клоны растений и т.д.)
5. Системы взаимодействий (возникают в результате конкуренции, мутуализма и др.)
6. Социальные структуры (стаи, стада и др.).

4.4. Экосистемы имеют периодичность изменчивости. Суточная, сезонная, годовая или многолетняя. Существуют и непериодические

изменения активности и численности компонентов экосистем, связанные с действием нерегулярных факторов среды.

Непосредственное замещение на конкретной территории сообщества, с господством одних видов сообществом с господством других видов называют экологической сукцессией. Цепь сменяющих друг друга биоценозов называется сукцессионным рядом.

Динамические явления, происходящие в рамках одного биогеоценоза (т.е. с сохранением господства тех же видов), представляют собой не смену сообществ, а изменение сообщества. Таковы, например, чередования аспектов в течение года, изменения количественных соотношений видов в разные годы, вызываемые мелкими отклонениями погоды, а также происходящие в рамках участка ассоциации быстротечные явления, сводящиеся к временному изменению обилия некоторых видов при слабых нарушениях (микросерии).

Сукцессия, которая начинается на абсолютно лишенном жизни месте, называется *первичной*. Если сообщество развивается на месте, где ранее существовал хорошо развитый биоценоз, то сукцессия будет *вторичной*.

Смену ассоциаций, движущей силой которой является необратимое изменение ассоциацией своего местообитания, называют *экогенетической сукцессией*. Это изменение приводит к тому, что местообитание становится со временем более пригодным уже не для данной, а для какой-то другой ассоциации, которая и занимает его, вытесняя предыдущую ассоциацию, создавшую таким образом условия для собственного исчезновения.

Главная причина — отложение и накопление отмершей органической массы растений. Гумификация органического вещества затрудняется, с одной стороны, на переувлажненных и плохо аэрируемых местообитаниях, а с другой — на чрезмерно сухих. При этом сообщество с течением времени накапливает заметный слой растительных остатков — болотный торф и "грубый гумус" в первом случае, и, так называемый, сухой торф, или "ветошь", во втором.

Увеличение мощности торфяного слоя меняет условия увлажнения местообитания. На переувлажненных местообитаниях нарастающая поверхность торфа, удаляясь от уровня грунтовых вод, оказывается в условиях меньшей влажности и лучшей аэрации. Водный режим крайне сухих местообитаний улучшается, поскольку влагоемкость сухого торфа позволяет почве сохранить влагу атмосферных осадков. В обоих случаях торфонакопление сдвигает условия местообитания в сторону мезофильности, они становятся более благоприятными для деятельности почвенной биоты, и дальнейшее

торфонакопление происходит поэтому уже медленнее. Однако оно продолжается, все более замедляясь, до тех пор, пока скорость гумификации и разложения не уравнивается со скоростью отложения новых растительных остатков. Процесс торфонакопления прекратится лишь тогда, когда баланс отложения и переработки органики станет равновесным. После этого начинается гумификация неразложившихся остатков, образующих торф, разрыхление их и перемешивание с минеральными частицами, а затем и формирование почвенного профиля, свойственного новым, мезофильным условиям. Все эти процессы идут при непосредственном участии, как растительности, так и почвенной микрофлоры и фауны.

Естественно, что изменение условий среды в процессе торфонакопления не может не отразиться на самой растительности. За отрезок времени от начала торфонакопления, когда оно происходит наиболее интенсивно, до затухания этого процесса сменяется несколько экологически различных ассоциаций. Эта смена называется *гидрархной экогенетической сукцессией*, если она началась на переувлажненных местообитаниях, и *ксерархной экогенетической сукцессией*, если исходное местообитание было сухим.

Последняя ассоциация, которая занимает местообитание в момент прекращения экогенеза, обозначается как климакс [Clements, 1961].

Таким образом, сукцессии постепенно нивелируют исходные различия местообитаний, обусловленные топографическими факторами, так что на стадии климакса наиболее ярко проявляется влияние фактора географического – макроклимата. Поэтому климакс нередко называют также "зональной" (или "климатически обусловленным") сообществом. Климакс, обладая равновесным балансом органического вещества, не имеет внутренних причин к смене. Он сохраняется до тех пор, пока не произойдет одно из следующих двух событий:

1) макроклимат изменится настолько, что виды климакса не смогут вообще существовать в новом климате, 2) внешние причины разрушат результаты экогенеза.

Ход экогенеза может быть прерван – биогеоценоз отбрасывается назад на несколько стадий и начинает снова проходить уже пройденный однажды путь. Уничтоженное сообщество восстанавливается не сразу, а путем сравнительно быстрой последовательной смены нескольких недолговечных сообществ, образующих стадии *демутационной сукцессии*.

Виды производной ассоциации (стадии демутации) не способны к возобновлению на фоне самой этой ассоциации, и поэтому ее существование ограничено сроком жизни одного поколения образующих ее растений. Под ее пологом возобновляются лишь виды

другой ассоциации, которая, таким образом, и оказывается следующей стадией демутационной смены.

Напротив, коренная ассоциация одинаково хорошо возобновляется, как на собственном фоне (что позволяет ей существовать на данном месте значительно дольше – пока позволяет медленно изменяемое экогенезом местообитание), так и на фоне одной или нескольких производных ассоциаций.

Большинство коренных ассоциаций, способных к демутации, обладает двумя способами демутационного восстановления и, следовательно, двумя различными демутационными рядами: эксцизионным и пироженным. Первый из них возникает, если нарушающий фактор, уничтожив древостой, не затронул остальных ярусов. Что послужило поводом для названия этой смены – *excisio* (вырубка), а также при востровале, при верховом пожаре, прошедшем по кронам, но не затронувшем нижние ярусы леса и т.п. Пироженная смена вызывается одновременным уничтожением древостоя и лесной подстилки или только подстилки (с сохранением, однако, гумусового горизонта почвы). Подобное нарушение чаще всего вызывается низовым или комбинированным пожаром.

Ранным стадиям экогенетических рядов вообще несвойственно демутационное восстановление. В случае слабых нарушений они восстанавливаются без всякой смены (путем простого отрастания растений). Сильные нарушения приводят к разрушению местообитания и установлению более ранних стадий экогенеза.

Очень важно иметь в виду, что часто один и тот же (с человеческой точки зрения) нарушающий фактор (рубка, пожар и т.п.) в зависимости от своей интенсивности и местных обстоятельств порождает в одних случаях экогенетическую, в других – демутационную смену. Поэтому принципиальное различие демутационной и экогенетической сукцессии можно сформулировать лишь в следующей очень общей форме: экогенетическая сукцессия – процесс формирования или восстановления местообитания, а демутационная – процесс восстановления ценотической среды, не затрагивающий местообитания.

Можно очень грубо и приблизительно оценить нормальную продолжительность гидрархных и ксерархных смен в 1000 лет, а демутационных в 100-200 лет.

Общие закономерности сукцессий:

1) Видовой состав и спектры жизненных форм в процессе сукцессии непрерывно меняются, сначала быстро, потом более медленно.

2) Увеличивается биомасса, параллельно увеличивается и количество мертвого органического вещества.

3) В процессе эндогенной сукцессии увеличивается количество видов, их численность, становятся богаче спектры жизненных форм, уменьшается количество доминирующих видов.

4) Самые важные явления сукцессии – снижение чистой продукции и повышение интенсивности дыхания.

5) Возрастает устойчивость экосистемы.

Климатическое сообщество находится в состоянии *устойчивого равновесия*. **Устойчивое равновесие** – способность саморегулируемой системы возвращаться в исходное состояние, по крайней мере, после небольшого отклонения.

Стабильное сообщество – это «насыщенная» комбинация видов, находящихся друг с другом и со средой в экологическом равновесии. Другие виды не могут никаким образом туда попасть. Стабильность биогеоценоза находится в прямой зависимости от степени его сложности. Большое разнообразие видов и жизненных форм в экосистемах играет двоякую роль. С одной стороны, они – инструменты в потоке вещества и энергии через экосистему. В периоды относительной устойчивости и предсказуемости условий среды виды будут конкурировать за ресурсы и отбор будет благоприятствовать гено- и фенотипам, которые наиболее эффективно используют ресурсы для получения потомства. С другой стороны, в периоды нарушений способность выжить приобретает большее значение, чем эффективность функционирования. Отбор работает на виды с широкой толерантностью. Наличие разнообразия видов и функциональных типов будет иметь первостепенное значение для непрерывности экосистем при изменении условий среды. Разнообразие связано с совокупностью отношений и способов взаимодействия отдельных видовых популяций и со свойствами, вытекающими из этих отношений.

Чем больше разнообразие функциональных групп (а не видов!), тем стабильнее биогеоценоз. Биогеоценозы с упрощенной структурой крайне неустойчивы, в них происходят резкие колебания численности особей. Различают два типа устойчивости: – *резистентная* (способность не изменяться при воздействии) и *упругая* (способность к быстрому восстановлению после нарушения).

Агроценозы (монокультуры) неустойчивы и требуют постоянного вмешательства человека для своего сохранения. Они подвержены катастрофическим всплескам массового размножения вредителей. Такие же явления можно наблюдать и в лесных биогеоценозах: при обеднении видового состава они сильнее и чаще страдают от вредителей. Чтобы повысить их устойчивость современная наука предлагает комплексное выращивание агрокультур, где растения использовали бы максимально ресурсы, благодаря расхождению по

ярусам и экологическим потребностям. Сорняки – признак свободных экологических ниш.

Лекция 5

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

5.1. Модель устойчивого развития цивилизации. Учение В.И.Вернадского о биосфере. Ноосфера. Возобновляемые и невозобновляемые ресурсы.

5.2. Экологическая стратегия Беларуси. Основные принципы Концепции государственной политики в области охраны окружающей среды. Национальная стратегия устойчивого развития (НСУР) Беларуси. Экологическая сертификация. Государственная экологическая экспертиза. Национальная система мониторинга окружающей среды РБ.

5.3. Международное сотрудничество Республики Беларусь в области окружающей среды. Конвенции в области охраны окружающей среды и сохранения биоразнообразия, которые подписала РБ.

5.4. Участие общественности в решении экологических проблем. Декларация Международной Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992 г., Рио-де-Жанейро), Орхусская конвенция "О доступе населения к экологической информации и суду", участие населения в решении экологических проблем регионов: общественный экологический аудит, создание экологических повесток.

5.1. Иерархический ряд экосистем: биогеоценоз, ландшафт, биом, биогеографическая область, экосистемы суши и океана, биосфера. Существование каждого из таких уровней определяется действием его специфического фактора, например, для ландшафта таким фактором является рельеф, для биома – региональный климат, для биосферы – космический фактор.

Биом – удобный и широко используемый термин, обозначающий крупную региональную или субконтинентальную биосистему, характеризующуюся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта, например биом лиственных лесов умеренного пояса.

Биосфера, или экосфера – это самая крупная и наиболее близкая к идеалу в смысле «самообеспечения» биологическая система, которую мы знаем. Она включает все живые организмы Земли, находящиеся во взаимодействии с физической средой Земли как единое целое, чтобы поддерживать эту систему в состоянии устойчивого равновесия, получая поток энергии от Солнца, ее источника, и переизлучая эту

энергию в космическое пространство. Биосфера – область планеты, в которой существуют или когда-то существовала жизнь и которая подвергается (или подвергалась) воздействию живых организмов (В.И.Вернадский, 1926). В состав биосферы входят тропосфера, почва, Мировой океан и верхняя часть литосферы, примерно до глубины 1000 - 2000 м. Важнейшие черты биосферы:

- 1) ее постоянный материально-энергетический обмен с космосом
- 2) биосфера является единственным местом обитания человека и других живых организмов (закон незаменимости биосферы).

Биосфера составляет лишь часть географической оболочки Земли, но часть, наиболее существенную, определяющую характер всей остальной части. Центральная часть географической оболочки – ландшафтная сфера – зона непосредственного контакта литосферы, атмосферы и гидросферы, в которой происходит трансформация солнечной энергии в другие виды энергии. В.И.Вернадский называл ландшафтную сферу (биогеосферу) "живой пленкой" и "сгущениями жизни". Она имеет толщину всего лишь несколько метров в степях, пустыне, тундре, и до сотен метров в лесах и морях. Наиболее высокая плотность жизни – на мелководьях, на суше в умеренном и тропическом поясе. Наименьшая плотность – в полярных областях, в пустынях, на высокогорьях и в океанских впадинах.

Общая масса живого вещества в масштабах планеты невелика: 0,01% массы биосферы, но влияние ее огромно. За время существования жизни все наружные слои земного шара переработаны организмами на 99%.

Выделяют 7 классов веществ биосферы:

- 1) *живое* вещество – совокупность живых особей;
- 2) *биогенное* вещество – созданное и перерабатываемое живыми организмами (природный газ, каменный уголь, торф, сапропель, битумы, вероятно, нефть и т.п.);
- 3) *косное* вещество – образуется процессами, в которых не участвует живое вещество (твердое, жидкое и газообразное; два последних – носители свободной энергии);
- 4) *биокосное* вещество – создается одновременно живыми организмами и косными процессами (океаническая вода, почти все остальные воды, приземная атмосфера, осадочные породы, глинные минералы, нефть, почва, кора выветривания). Организмы играют ведущую роль. Живое вещество связано с косным только дыханием и питанием, т.е. биогенной миграцией атомов.
- 5) вещество, находящееся в *радиоактивном распаде*;

6) вещество *рассеянных атомов*, которое создается под влиянием космических излучений из земного вещества;

7) вещество *космического* происхождения.

Живое вещество – совокупность массы всех организмов, заселяющих в данный момент планету. Живое вещество характеризуется весом, химическим составом и геохимической энергией. Учение о живом веществе – центральное звено учения о биосфере.

Совокупность всех видов живых организмов составляет особый фонд жизни – генофонд планеты. Это понятие шире, чем просто совокупность живых существ, поскольку включает в себя не только проявившиеся, но и потенциальные генетические возможности каждого вида. Существование вида, кажущегося сейчас ненужным, в будущем может оказаться полезным, может быть, даже спасительным для человечества. Например, плесневый грибок пеницилл (производство антибиотиков), броненосец (модель для лечения проказы), белый медведь (мех превращает в тепло до 95% падающего солнечного света) и др. Поэтому современная природоохранная деятельность ориентирована прежде всего на сохранение многообразия форм жизни на Земле.

Биохимические функции живого вещества:

1) *Энергетическая* – связь биосферы с космическим излучением (прежде всего солнечным). Осуществляется через фотосинтезирующие организмы

2) *Газовая функция* (по мнению В.И.Вернадского, важная) – динамика и трансформация газов в биосфере. В процессе дыхания и брожения поглощается кислород, выделяется углекислый газ. Выдыхаются пары воды. Может выделяться сероводород, метан. Преобладающая масса газов на Земле имеет биогенное происхождение. Если углекислый газ перестанет выделяться, то фотосинтез полностью прекратится через 25 - 30 лет.

3) *Концентрационная* – извлечение и накопление живыми организмами химических элементов и соединений окружающей среды. В пищевых цепях такая концентрация может достигать тысяч раз. На первом трофическом уровне у фотосинтезирующих организмов концентрация возрастает до 10 раз по сравнению с окружающей средой. На следующем трофическом уровне, в организме фитофагов – еще на 2 - 3 порядка и т.д. В результате концентрация элементов и соединений может из безвредной в окружающей среде возрасти до токсической, летальной, особенно в длинных пищевых цепях. Разным организмам концентрационная функция присуща в разной степени. Особенно опасна она для хищников высокого ранга.

Следствие этой функции – накопление залежей полезных ископаемых. Известняк, торф, туф, каменный уголь – это концентрация углерода в ископаемых организмах.

4) *Окислительно-восстановительная* – химическое превращение веществ, содержащих атомы с переменной степенью окисления (железо, марганец и другие). Окислительные и восстановительные процессы лежат в основе биологического метаболизма.

5) *Деструкционная* – разложение живых организмов после их смерти (минерализация).

6) *Антропоическая* – общебиосферное влияние человека. Выделяется как отдельная функция по нескольким причинам:

- человечество является не производителем, а потребителем биогеохимической энергии;
- масса человечества не постоянна, в последние десятки лет резко увеличивается;
- геохимические функции человечества характеризуются не массой, а производственной деятельностью;
- разум человечества претендует на руководство и управление биосферой, но на данном уровне развития человечество уничтожает биосферу;

К основным *антропоическим воздействиям*, изменяющим состав и режим биосферы, следует отнести:

- промышленное загрязнение воздушного бассейна, создание отвалов и других промышленных выбросов;
- мелиорацию, орошение, распашку и обводнение территорий, чрезмерный выпас скота, сенокошение, рубку и вывоз древесины;
- застройку территорий, развитие транспортной сети;
- шумовые, электромагнитные воздействия, повышение радиационного фона;
- создание рудеральных местообитаний, рекреационных зон (мест массового посещения и отдыха) и, как следствие этого, вытаптывание, уплотнение и загрязнение почвы, а также выжигание отдельных территорий из-за пожаров;
- интенсивный сбор растений и уничтожение животных, в том числе и для коммерческих целей, браконьерство.

7) *Синтетическая* (продуктивная) функция – создание органических веществ. Продуктивность различных экосистем зависит от многих факторов, включая широтную и вертикальную зональность.

Параллельно с круговоротом веществ в биогеоценозе идет *поток энергии*. Организованность жизни поддерживается постоянным, но ступенчатым потоком энергии. Так как каждый уровень в биосистеме «интегрирован», т. е. взаимосвязан с другими уровнями, нельзя найти резкие границы или разрывы в функциональном смысле. Их нет даже

между организмом и популяцией. Например, организм, изолированный от популяции, не в состоянии жить долго, точно так же, как изолированный орган не может длительное время сохраняться без своего организма. Подобным же образом сообщество не может существовать, если в нем не происходит круговорот веществ и в него не поступает энергия. Тот же аргумент можно привлечь для опровержения представления о том, будто бы человеческая цивилизация может существовать независимо от мира природы.

В отличие от круговорота веществ, энергия при переходе от одного трофического уровня к другому постоянно расходуется. Ничтожная часть энергии, получаемой Землей от Солнца (0,1- 0,2%) улавливается зелеными растениями и обеспечивает весь биогенный круговорот веществ. При каждом очередном переносе большая часть (80-90%) потенциальной энергии теряется, переходя в тепло. Чем длиннее пищевая цепь, тем меньше энергии приходится на ее вершину.

В.И.Вернадский заложил основы современных научных представлений о планетарном и космическом значении жизни, о взаимосвязи и взаимодействии живой и неживой природы. Деятельность живого вещества биосферы, обусловленную его энергетической, концентрационной, газовой, биохимической и другими функциями он считал самой мощной геологической силой. В.И.Вернадский писал: *"Организм имеет дело со средой, к которой не только он приспособлен, но и которая приспособлена к нему"*.

Вся совокупность естественных продуктов природы, используемых человеком для удовлетворения материальных и культурных потребностей – это природные ресурсы. По характеру использования ресурсы биосферы разделяют на исчерпаемые и неисчерпаемые. *Исчерпаемые* делят на возобновимые и невозобновимые. К *возобновимым* относятся биологические ресурсы (животный и растительный мир: лесные, сельскохозяйственные животные и др.), а также некоторые минеральные ресурсы (соли, выпадающие в соленых озерах). Но в результате неправильной эксплуатации они могут стать невозобновимыми: исчезли тур, тарпан, стеллерова корова и др. *Невозобновимые ресурсы* планеты можно разделить на две большие группы: невозобновимые минеральные и невозобновимые энергетические ресурсы.

Неисчерпаемые – это космические ресурсы (солнечная энергия, морские приливы, ветер). Однако их неисчерпаемость относительна. Воды на Земле огромное количество, но пресной воды, пригодной для пищевых целей, становится все меньше. Сильное загрязнение природной среды приводит к тому, что становятся мало доступными даже солнечная энергия и чистый воздух.

В.И.Вернадский особое внимание уделял исследованию значения деятельности человека в биосфере. Согласно его представлениям, биосфера переходит в новое, высшее состояние – ноосферу, сферу взаимодействия природы и общества, при котором главным фактором преобразования природы, сопоставимым по масштабам с геологическими силами, становится человеческая деятельность. Биосфера неизбежно превратится в *ноосферу* – сферу, где доминирующую роль будет играть разум человека. Ноосфера – новое геологическое явление на Земле.

В.И.Вернадский считал основной предпосылкой перехода биосферы в ноосферу научную мысль. Учение о биосфере и ее высшей стадии – ноосфере в настоящее время приобрело особое практическое значение в связи с тем, что локальное воздействие человека переросло в глобальное. Международная программа «Человек и биосфера» посвящена поиску оптимальных путей решения экологических проблем, обеспечения рациональной хозяйственной деятельности человека, не нарушающей функций биосферы.

Термин «устойчивое развитие» появился в начале 70-х в работах Дж.Форестера и Д. Медоуз («Пределы роста», «За пределами роста», доклады Римскому клубу), которые занимались проблемами системного кризиса современной цивилизации и пришли к выводам, шокировавшим правительства и мировую общественность.

Существует много определений устойчивого развития, один из наиболее простых: «это развитие, при котором дети живут лучше родителей», т.е., последующие поколения должны получить Землю и ее ресурсы примерно в том же состоянии, что и ныне здравствующее. Для этого мы в принципе должны изменить этику, производство и потребление, философию, систему образования и управления и многое другое в современной цивилизации.

В ООН этой проблемой поручено заниматься на уровне правительств Комиссии по социально-экономическому развитию. Международный процесс совместного поиска и выработки решений по переходу цивилизации к устойчивому развитию получил название «процесса Рио» по месту проведения первой Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г).

Основным программным документом процесса является Повестка 21 (Повестка действий на 21 век, Рио, 1992 г), принятая 179 странами, включая Беларусь, а духовно-этической основой процесса – Декларация Земли, разработанная при участии широкой мировой общественности. Планируется, что *Декларация Земли* станет таким же значимым для мирового сообщества документом, как и Декларация прав человека, с созданием в будущем международного суда, рассматривающего нарушения

Декларации Земли и преступления против Планеты Земля. Документы ООН обязывают все страны взять на себя «коллективную ответственность за усиление и упрочение взаимосвязанных и поддерживающих друг друга основ устойчивого развития – экономического, социального развития и охраны окружающей среды».

Каждые 5 лет после Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио проводятся Саммиты ООН, на которых рассматриваются успехи и проблемы перехода к устойчивому развитию.

Устойчивое развитие каждой страны рассматривается как элемент устойчивого развития мирового сообщества, а национальные цели как реализация общих целей и задач, принципов и направлений развития.

5.2. Основные направления экологической политики Республики Беларусь в области природопользования и охраны окружающей среды нашли отражение в Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь (НСУР). НСУР – это стратегический документ, являющийся особым прогнозом социально-экономического развития страны, который должен определять направления решения национальных проблем развития экономики и социальной сферы во взаимосвязи с экологией и основными тенденциями мирового развития.

Республика Беларусь первой из стран СНГ разработала НСУР до 2010 г., которая получила высокую оценку на Региональной конференции ООН по устойчивому развитию стран с переходной экономикой, прошедшей в Минске в апреле 1997 г.

В НСУР-2020 уточнено понятие устойчивого развития. Оно рассматривается как постоянно поддерживаемый рост уровня благосостояния народа на основе обеспечения расширенного воспроизводства благ и услуг с учётом сохранения и улучшения окружающей среды для нынешних и будущих поколений. В этом определении учитываются основные принципы устойчивого развития (человек – цель прогресса, уровень человеческого развития – мера зрелости общества и государства; развитие хозяйственной деятельности – исключительно в пределах ёмкости экосистем; рациональное природопользование и предотвращение загрязнения окружающей среды на основе принципа – «загрязнитель платит»).

Определены механизмы достижения – посредством обеспечения расширенного воспроизводства и критерий устойчивости – последовательное повышение уровня жизни с учётом сохранения и улучшения среды обитания человека.

В качестве основных звеньев устойчивого развития в НСУР-2020 выступают социальная сфера, экономика, окружающая среда как равноценные взаимоувязанные составляющие. Объекты устойчивого развития – социально-экономические и экологические процессы, их

рациональное взаимодействие. Субъекты – государство в лице республиканских органов государственного управления, местных распорядительных и представительных органов, юридические и физические лица.

Устойчивое развитие базируется на использовании благоприятных факторов долговременного действия, к числу которых отнесены:

- *человеческий капитал* (уровень образования, квалификации, навыки, умение, здоровье, духовное развитие, обеспеченность условиями жизнеобеспечения человека). Приумножение его является главной целью и основным средством достижения устойчивого развития;

- *экологический фактор* характеризуется природно-климатическими условиями, обеспеченностью природными ресурсами, состоянием окружающей среды;

- *научно - технический и производственный потенциал.*

Несмотря на экологическую ориентацию, проблема устойчивого развития в Беларуси – это во многом социальная и экономическая. Поэтому в НСУР-2020 внимание концентрируется не столько на экологическом компоненте триады «человек – окружающая среда – экономика», сколько на сбалансированности социально-экономического и экологического развития.

Переход страны к устойчивому развитию определяется ее ролью и местом в мировом сообществе, имеющимися рациональными ресурсами, созданным социально-экономическим потенциалом и возможностями его наращивания.

По размерам территории (207,6 тыс.кв.км) Республика Беларусь занимает 13-е место среди европейских государств, по численности населения (9,9 млн.чел. на 1 января 2004 г.) – 14-е, по индексу развития человеческого потенциала (0,804) – вошла в группу стран с высоким уровнем развития человеческого потенциала, опередив все страны СНГ.

Республика Беларусь обладает совокупностью благоприятных факторов и условий, которые способствуют ее переходу к устойчивому развитию. Это, прежде всего:

1. выгодное экономико-географическое и геополитическое положение;
2. развитая система транспортных коммуникаций и производственной инфраструктуры в целом;
3. значительные земельные, водные и лесные ресурсы, наличие ряда важных полезных ископаемых;
4. высокий общеобразовательный уровень населения и сложившаяся система подготовки квалифицированных кадров;
5. значительный научно-технический потенциал;

6. многоотраслевой промышленный комплекс;
7. достаточно мощная строительная база;
8. многовекторные внешнеэкономические связи, способствующие расширению внешних рынков.

Для перехода к устойчивому развитию необходим длительный период, включающий несколько этапов социально-экономического развития.

Первый этап (до 2010 г.) – должно быть завершено создание необходимой законодательной и правовой базы устойчивого развития.

Второй этап (2011-2020 гг.). – гармонизация взаимоотношений

пределах производственных возможностей биосферы и перенесения акцента в приоритетах с материально-вещественных ценностей на духовно-нравственные. В этот период будут формироваться основы нового постиндустриального информационного общества с постепенным освобождением от стереотипов потребительства, новым технологическим базисом, обеспечивающим переход к ресурсосберегающему типу воспроизводства. Экономическое развитие предусматривается обеспечивать за счет создания институтов рыночной экономики, расширения частного бизнеса, широкого внедрения достижений науки и техники, создания экологически чистых производств, ускорения интеграционных процессов со странами ближнего и дальнего зарубежья. Совершенствование социальных процессов должно базироваться на принципах зрелой демократии и гражданского общества.

Научное обеспечение решения этих задач в Республике Беларусь выполняется в рамках государственных, отраслевых и региональных научно-технических программ и проектов: «Агропромкомплекс», «Наноматериалы и нанотехнологии», «Электроника», «Энергия», «Полимер-2», «Вещество-2», «Биологические ресурсы», «Природные комплексы», «Биотехнологии», «Ресурсосбережение-2005», «Энергосбережение-2005»; «Строительные материалы и технологии», «Промышленная биотехнология», «Новые материалы и защита поверхностей», «Технология», «Минеральные удобрения», «Леса Беларуси», «Приборы, средства измерений и техническая диагностика», «Белэлектроника», «Малотоннажная химия», «Информационные технологии», «Приборы для научных исследований».

В Беларуси реализован ряд проектов, признанных западными экспертами эталонными в области устойчивого развития и попавшими в примеры лучших практик на Европейской конференции Министров по охране окружающей среды (Орхус, 1998). Белорусское отделение Международной Академии Экологии реализовало совместно с правительственными структурами (Минстройархитектуры, Госком-

энергосбережения и др.) ряд проектов, которые эффективно способствуют переходу Беларуси к устойчивому развитию, к примеру:

- строительство энергосберегающих индивидуальных домов из природных возобновляемых материалов (экономия энергии при эксплуатации – в 4-5 раз). В 2000 г. этот проект был отмечен призом Всемирной премии по устойчивой энергетике;

- разработка альтернативной безъядерной энергетической программы Беларуси.

Основными принципами Концепции государственной политики в области охраны окружающей среды Беларуси являются:

- государственная собственность на все виды природных ресурсов;

- ответственность природопользователей за состояние окружающей среды на закрепленной за ними территории;

- охрана окружающей среды, объектов живой неживой природы на всей территории республики в сочетании с созданием системы особо охраняемых природных территорий, т.е. экологической сети;

- система государственного контроля за состоянием окружающей среды, охраной и использованием природных ресурсов, качеством продуктов питания, безопасностью промышленной и сельскохозяйственной продукции для окружающей среды и здоровья населения;

- система государственной экологической экспертизы проектируемых, строящихся и эксплуатируемых хозяйственных объектов;

- экономический механизм обеспечения охраны окружающей (плата за пользование всеми видами природных ресурсов, сбросы, выбросы загрязняющих в-в, размещение отходов);

- система мер уголовной и административной ответственности за нарушение природоохранного законодательства при условии обязательного возмещения ущерба, нанесенного природе, здоровью граждан;

- участие в решении глобальных проблем (сохранение биоразнообразия, охрана озонового слоя и т.д.);

- поддержка на государственном уровне общественных организаций и движений, занимающихся проблемами охраны живой и неживой природы, здоровья человека.

Экологическая сертификация является составной частью государственной политики в области охраны окружающей среды, направленной на защиту интересов государства, общества и граждан,

обеспечение экологической безопасности и сохранение биологического разнообразия.

Комплекс международных стандартов ИСО серии 14000 создает нормативно-методическую базу для внедрения экологически ориентированных методов управления. Первые восемь международных стандартов данной серии приняты в качестве национальных в Республике Беларусь.

Основными целями экологической сертификации Республики Беларусь являются:

- защита потребителей от приобретения (использования) продукции, работ, услуг, представляющих опасность для окружающей среды; предотвращение загрязнения окружающей среды при производстве, использовании и ликвидации всех видов продукции;
- обеспечение экологической безопасности оборудования, технологических процессов, производств, сырья, материалов, продукции и отходов;
- внедрение экологически безопасных технологических процессов, оборудования и производств;
- предотвращение ввоза в страну экологически опасной продукции, технологий и отходов;
- выполнение международных обязательств РБ в области охраны окружающей среды.

Все функции по реализации основных целей и задач возложены на Центральный орган по экологической сертификации, созданный на базе "Центра международных экологических проектов, сертификации и аудита" и Минприроды. Вводится обязательная экологическая сертификация товаров, работ и услуг.

В настоящее время проводится работа по внедрению международного стандарта (ЕС) СТБ ИСО 14001-2000 на предприятиях республики, что во многом способствует предотвращению негативного воздействия на окружающую среду.

Разработанные нормативно-методические документы по экологической сертификации предприятий и организаций в соответствии с требованиями международных стандартов СТБ создают предпосылки для осуществления государственной политики в области охраны окружающей среды, открывают возможности по повышению экологической безопасности действующих производств и наращиванию их экспортных мощностей. В настоящее время экологическая сертификация проведена на ряде предприятий республики (завод "Кристалл", Минский подшипниковый завод, Беларуськалий и др.). АО "Атлант" стало первым в республике предприятием получившим экологический сертификат соответствующий требованиям международного стандарта СТБ ИСО 14001.

Государственная экологическая экспертиза проектов, осуществляемая органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, является важным элементом государственной политики в области природопользования. Функционирует Специализированная инспекция по государственной экологической экспертизе проектов, в составе которой действует три отдела: по экологической экспертизе проектов мелиоративного и сельскохозяйственного строительства; по экологической экспертизе проектов водоснабжения, канализации и охраны атмосферного воздуха; по размещению народнохозяйственных объектов. В структуре областных и Минского городского комитетов природных ресурсов и охраны окружающей среды также есть отделы государственной экологической экспертизы проектов.

Проведение государственной экологической экспертизы регламентируется Законом Республики Беларусь о государственной экологической экспертизе, в котором определены цели и ее место в принятии решений, устанавливается общий порядок организации и проведения экспертизы, права и обязанности сторон, порядок обжалования заключений и рассмотрения споров. На основании и во исполнение этого Закона, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды предусмотрен порядок привлечения внештатных экспертов для проведения государственной экологической экспертизы.

Объектами государственной экологической экспертизы являются:

- концепции, программы, схемы социально-экономического развития, схемы комплексного использования и охраны природных ресурсов;
- градостроительная документация;
- обоснование инвестиций в строительство,
- проектная документация на строительство, реконструкцию, изменение профиля производства независимо от ведомственной подчиненности и форм собственности.

Государственная экологическая экспертиза проектной документации должна предшествовать принятию решений по реализации планируемой хозяйственной и иной деятельности и исходить из:

1. права всех людей на благоприятную для их здоровья окружающую среду;
2. необходимости сохранения генофонда и разнообразия живой природы;
3. принципов законности, независимости, объективности, научной обоснованности и гласности, комплексной оценки воздействия планируемой хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Государственную экологическую экспертизу в Республике Беларусь проводят специализированные экспертные подразделения

системы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды с участием других органов государственного контроля, а также с учетом заключения общественной экологической экспертизы. Ежегодно ими рассматривается около 4500 проектных материалов на строительство, реконструкцию и техническое перевооружение объектов хозяйственной деятельности. Около 30% из них отклоняется в связи с недостаточной проработкой проектных решений. Чаще всего это касается проектов на строительство объектов теплоэнергетики и промышленных предприятий в крупных городах республики.

Национальная система мониторинга окружающей среды РБ (НСМОС) представляет собой совокупность систем наблюдений, оценок и прогноза состояния природных сред и явлений, а также биологических откликов на изменение окружающей среды под влиянием естественных и техногенных факторов с организацией сбора, обработки и представления мониторинговой информации органам управления и хозяйствования для решения общегосударственных задач рационального природопользования.

Основные задачи Национальной системы мониторинга окружающей среды РБ состоят в следующем:

- получение информации о состоянии окружающей среды по пунктам наблюдений и контролируемым показателям;
- объединение информационных систем отдельных видов мониторинга и создание единой автоматизированной информационной системы для сбора, хранения, обработки, обобщения и представления данных о состоянии окружающей среды;
- оперативная оценка состояния среды и прогнозирование его динамики.

Национальная система мониторинга окружающей среды республики Беларусь включает в себя *13 отдельных видов мониторинга*:

1. *медицинский мониторинг*,
2. *мониторинг окружающей среды* (2.1. мониторинг атмосферного воздуха,
2.2. мониторинг гидросферы, 2.3. мониторинг земель, 2.4. мониторинг общего содержания атмосферного озона, 2.5. мониторинг сейсмический, 2.6. мониторинг радиационный, 2.7. мониторинг физических явлений, 2.8. комплексный экологический мониторинг),
3. *биологический мониторинг* (3.1. мониторинг растительности, 3.2. мониторинг животного мира),
3. *импактный мониторинг* (4.1. мониторинг чрезвычайных ситуаций, 4.2. локальный мониторинг).

Мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 16 промышленных городах, регулярными наблюдениями охвачена

территория, на которой проживает 65% городского населения. Контролируется концентрация 24-х загрязняющих в-в. Мониторинг состояния 83-х водных объектов осуществляется на 250 станциях по более чем 50-ти показателям. Мониторинг почв охватывает около 35 городов.

Табл. 5.1

Схема системы мониторинга окружающей среды РБ

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ Республиканский Центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды				
Воздух	Осадки твердые и жидкие	Снежный покров	Трансграничный мониторинг	Фоновый мониторинг
16 городов 50 стационарных станций Определяют 23 вредные вещества	14 пунктов 12 показателей рН, нитраты, сульфаты, ионы аммония, хлориды, гидкарбонаты и др.	22 пункта 12 ингредиентов и показателей рН, нитраты, сульфаты, ионы аммония, хлориды, карбонгидрокарбона- ты	1 станция химсостав атмосферных осадков рН, нитраты, сульфаты, ионы аммония, натрий, кальций и др.	1 станция 6 веществ: диоксид серы, сульфаты, диоксид азота, взвешенные в-ва, свинец, кадмий

В серии «Библиотека Национальной системы мониторинга окружающей среды РБ» издаются ежеквартальные информационные бюллетени «О превышении нормативов выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду предприятиями Республики Беларусь».

5.3. В 1992 в Рио-де-Жанейро на конференции ООН по окружающей среде и развитию правительствами 179 стран мира была принята программа всемирного сотрудничества по обеспечению высокого качества окружающей среды, сбалансированного развития экономики и роста благосостояния людей. На этой встрече на высшем уровне был утвержден приоритет сохранения окружающей среды, как важнейшего принципа и фактора устойчивого развития общества и были определены три центральные взаимосвязанные экологические проблемы современности:

- изменение климата,
- опустынивание и деградация земель,
- утрата биологического разнообразия.

Для координации действий стран по этим важнейшим направлениям были под эгидой ООН учреждены три Конвенции:

- Рамочная конвенция ООН об изменении климата,
- Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель,
- Конвенция ООН о биологическом разнообразии.

«Конвенция» – означает соглашение или международный договор по каким-либо специальным вопросам. На сегодняшний день в области охраны окружающей среды действует более 20 конвенций, многосторонних договоров и протоколов. Членство в них налагает определенные организационные и финансовые обязательства, поэтому решение вопроса о присоединении к конвенции принимается Правительством, Парламентом и Президентом Республики Беларусь после детальной всесторонней проработки возможных последствий для нашей страны.

Наша страна на постоянной основе поддерживает контакты со многими международными Межправительственными организациями: Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Европейской экономической комиссией (ЕЭК ООН), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Программой ТАСИС Европейского Сообщества, Межгосударственным экологическим советом (МЭС), другими органами, созданными для регламентации международных природоохранных соглашений.

Особое внимание в развитии международного сотрудничества на многосторонней основе уделяется выполнению международных конвенций и подписанных к ним протоколов. Республика Беларусь является полноправной стороной 11 следующих международных природоохранных конвенций и протоколов к ним:

1. Конвенция ООН о биологическом разнообразии (1993);
2. Рамочная конвенция ООН об изменении климата,
3. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель;
4. Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1980 г.);
5. Картахенский Протокол по биобезопасности;
6. Венская Конвенция об охране озонового слоя (1986);
7. Монреальский Протокол о веществах, разрушающих озоновый слой (1988);
8. Конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалении;
9. Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС) (1995);
10. Орхусская Конвенция о доступе населения к экологической информации, участию общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (1998);
11. Рамсарская Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение в качестве местобитаний водоплавающих птиц (1999).

Актуальность присоединения к Конвенции о биологическом разнообразии для Беларуси определяется крупными масштабами негативных изменений состояния животного и растительного мира в результате уничтожения природных биологических ресурсов и разрушения среды обитания. Особенно негативно сказываются экстенсивное сельское хозяйство, экологически неоправданные варианты осушения болот, нарушение технологий применения пестицидов, промышленное загрязнение, развитие транспортной инфраструктуры. Своеобразие климатических, ландшафтно-географических и геоботанических условий отдельных регионов Беларуси выделяют ее из всей территории Европейского региона. К примеру, Полесье имеет большое значение как важнейший континентальный путь весенней миграции водоплавающих птиц. Только в пойме Припяти останавливается на кормежку и отдых около 50 тысяч особей разных видов гусей, 100 тыс. турухтанов и много других птиц. Таким образом, уникальность и международное значение целого ряда природных экосистем Беларуси и угроза их утраты выдвигают задачу выполнения соглашений Конвенции о биологическом разнообразии в ряд приоритетных направлений национального развития.

Высокая обводненность территории и большое разнообразие водно-болотных экосистем, где гнездятся 16 видов птиц, исчезнувших почти по всей Европе, определяют актуальность присоединения Беларуси к Рамсарской Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение в качестве местобитаний водоплавающих птиц.

Беларусь, признавая, что в результате хозяйственной деятельности произошло существенное увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере и это может привести к потеплению поверхности и атмосферы Земли, а следовательно оказать неблагоприятное воздействие на природные экосистемы, присоединилась к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Современное состояние проблемы климата в Беларуси вызывает большую озабоченность.

Членство в конвенциях содействует росту международного авторитета Беларуси и позволит:

- принимать участие в разработке региональных, европейских и мировых планов по глобальным экологическим проблемам;
- получать финансовую, научно-методическую и техническую помощь для реализации проектов;
- получить доступ к современным технологиям и представить собственные разработки в области охраны природы;
- участвовать в семинарах, заседаниях рабочих групп Конвенций.

Основным источником финансирования проектов в рамках глобальных природоохранных конвенций является Глобальный Экологический Фонд (ГЭФ). ГЭФ работает в Беларуси с 1992 года. С его помощью реализован проект по охране биологического разнообразия Национального парка «Беловежская Пуща», при его поддержке разрабатывается программа действий для бассейна р. Днепр совместного проекта Беларусь-Украина-Россия, а также по сохранению Припятского П. олесья, восстановлению нарушенных торфяников и др.

В Республике Беларусь продолжается целенаправленная работа по развитию и укреплению двустороннего сотрудничества в области охраны окружающей среды, прежде всего со странами СНГ, с другими государствами, а также потенциальными инвесторами (Данией, Германией, Швейцарией, Швецией и другими).

5.4. В настоящее время становится совершенно очевидным тот факт, что глобальные проблемы охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности не могут быть успешно решены усилиями одних лишь государственных институтов. Одним из важнейших условий реализации стратегии устойчивого развития является общественная инициатива. Во многих межгосударственных документах, в частности в решениях конференции ООН по окружающей среде и развитию (Бразилия, 1992) и Орхусской конференции министров, отмечалось, что экологические проблемы решаются эффективно только при участии общественности.

Это положение закреплено в принципах Декларации Международной Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992 г., Рио-де-Жанейро), в которых указывается, что "экологические вопросы решаются наиболее эффективным образом при участии всех заинтересованных граждан - на соответствующем уровне".

Эффективность участия граждан в процессе принятия экологически значимых решений зависит от осуществления следующих прав:

- права на экологическую информацию,
- права на участие в процессе принятия экологически значимых решений,
- права на доступ к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды.

При отсутствии хотя бы одного из прав невозможно говорить о реальности доступа общественности к процессу принятия решений.

Конституция Республики Беларусь закрепляет право граждан на получение, хранение и распространение полной, достоверной и своевременной информации о деятельности государственных органов, общественных объединений, о политической,

экономической и международной жизни, состоянии окружающей среды (статья 34).

Активное участие граждан РБ в процессе принятия экологически значимых решений - важнейшее условие обеспечения благоприятной окружающей среды. Законом "Об охране окружающей среды" закреплены права граждан и общественных организаций:

- право создавать общественные объединения и фонды по охране окружающей среды и контроля за ее состоянием,
- право требовать и получать полную и достоверную информацию о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране,
- право вносить предложения о запрещении размещения, прекращении проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации объектов, оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду и здоровье человека,
- право предъявлять в суд иски о возмещении вреда здоровью и имуществу граждан, юридических лиц, причиненного нарушением природоохранного законодательства,
- право непосредственно, через своего представителя или через общественные объединения участвовать в разработке, обсуждении и принятии органами государственного управления решений, направленных на обеспечение благоприятного состояния окружающей среды.

Существенным шагом на пути сохранения окружающей среды и развитию процесса демократии стало принятие в 1998 г. в Орхусе (Дания) "Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды". Орхусская конвенция явилась новым видом конвенций – впервые в практике международного права субъектом ее признается общественность наряду с привычными международно-правовыми субъектами – государствами.

Утверждение Президентом Республики Беларусь этого важного документа (14.12.1999) означает, что республика признает и берет на себя обязательства неуклонно выполнять все положения Орхусской конвенции, касающиеся как процедурных вопросов, так и ее основных положений.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ проводит работу по реализации положений Орхусской конвенции, в частности, по укреплению контактов с общественными экологическими организациями, вовлечению их в совместную работу, направленную на оздоровление и защиту окружающей среды.

В целях реализации положений Орхусской конвенции создан общественный координационный экологический совет, в который вошли представители 17 общественных организаций и объединений, таких как "Эколайн", "Экоправо", "Экодом", "Белорусское общество охраны природы",

"Охрана птиц Беларуси", "Экологический менеджмент", "Некст Стоп - Нью Лайф", "Белорусская ассоциация детей и молодежи", "Зеленая область", и др. Создание совета открыло возможность для негосударственных организаций принимать участие в процессе принятия экологически значимых решений, участвовать в обсуждении направлений экологической политики (национальных планов действий, проектов законов, нормативных правовых актов и др.).

Основные направления экологической политики Республики Беларусь, принципы формирования, накопления и предоставления органам государственного управления и общественности экологической информации отражены в природоохранных и природоресурсных законах Республики Беларусь. Более детально эти вопросы регламентируются в законах Республики Беларусь: "Об информатизации", "О научно-технической информации", "Об охране окружающей среды", "О метеорологической деятельности" и др.

Все аспекты, связанные с доступом юридических и физических лиц к правосудию, компенсацией за причиненный им личный имущественный и моральный ущерб, регулируются такими законодательными актами, как Гражданский кодекс Республики Беларусь, Уголовный кодекс Республики Беларусь и другими.

Таким образом, в Республике Беларусь имеется законодательная база, которая является основой для выполнения требований и положений, содержащихся в "Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды".

В 2001 г. в Минприроды при участии общественных организаций разработан план мероприятий по реализации положений конвенции на 2002 - 2005 гг., который одобрен правительством и создана рабочая группа по реализации положений Орхусской конвенции. В соответствии с этим планом необходимо:

- подготовить пособие, помогающее ориентироваться в вопросах экологической информации, а также законодательных и других нормативно-правовых актах, которые регулируют вопросы природопользования и охраны окружающей среды в Республике Беларусь;
- выполнить анализ нормативно-правовых актов Республики Беларусь с целью подготовки предложений по совершенствованию законодательства с учетом положений Конвенции.

Для информирования общественности издается ежегодный экологический бюллетень "Состояние природной среды Беларуси", сборники нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды, ежеквартально информационный бюллетень превышении нормативов выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду предприятиями Республики Беларусь, Государственный доклад "Состояние окружающей среды Республики Беларусь (раз в четыре года).

Минприроды регулярно обновляет информацию о состоянии природной среды и принимаемых мерах по ее оздоровлению на своем сайте в сети Интернет.

Законами Республики Беларусь также предусматривается и возможность проведения общественной экологической экспертизы. Она осуществляется независимыми группами специалистов по инициативе граждан или любой заинтересованной организации, общественных объединений. Ее заключения рассматриваются органами, осуществляющими государственную экологическую экспертизу. Общественная экологическая экспертиза проводится за счет средств заинтересованной стороны или на общественных началах.

Общественная экологическая экспертиза может стать альтернативой государственной в том случае, когда при строительстве хозяйственных объектов нормы экологического законодательства игнорируются в интересах экономической выгоды.

Общественная оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – новая форма участия граждан в процессе принятия экологически значимых решений. Согласно Инструкции общественные слушания могут проводиться путем публикации в средствах массовой информации проектных и иных предложений о планируемой хозяйственной деятельности или их обсуждений на собраниях граждан или общественных объединений. Результаты общественных слушаний оформляются в виде протокола согласования с общественностью, который прилагается к материалам ОВОС.

Данный документ, а также материалы согласования с органами территориального общественного самоуправления представляются для проведения государственной экологической экспертизы.

При решении вопросов охраны окружающей среды, защиты права граждан на благоприятную окружающую среду можно использовать референдумы различных уровней (республиканский - если преимущества или издержки принимаемого решения носят государственный характер, местный – при региональном).

В перечень экологически опасных видов деятельности, по которым требуется проведение ОВОС, входят следующие виды деятельности:

1. атомная промышленность и атомная энергетика;
2. выработка энергии (электрической и тепловой) на базе органического топлива;
3. гидроэнергетика;
4. нефтехимия и нефтепереработка;
5. металлургия (черная и цветная);
6. производство целлюлозы, бумаги и картона;
7. химическая промышленность;

8. биохимическое, биотехническое, фармацевтическое производство;

9. кожевенное производство и текстильная промышленность;

10. производство минеральных удобрений и химических средств защиты растений;

11. производство асбеста и асбестосодержащих материалов, стекла, цемента;

12. добыча полезных ископаемых, нерудных материалов, если общая площадь затрагиваемого района составляет более 50 гектаров или общий объем извлекаемой массы более 500 тыс. кубических метров;

Для широкого внедрения положений Орхусской конвенции в жизнь общества необходимо:

- ввести в учебные планы и программы высших и средних специальных учебных заведений факультативных занятия по вопросам Конвенции;
- разработать процедуру предоставления экологической информации государственными органами по запросам граждан;
- разработать процедуру участия юридических и физических лиц в процессе принятия решений по вопросам, касающимся планов, программ и политики в области окружающей среды;
- создать Центр экологической информации и связи с общественностью, где должны быть все базы данных и необходимые средства электронного сбора, накопления и передачи экологической информации.

В Беларуси в настоящее время зарегистрировано 4 основных республиканских общественных природоохранных объединения. Старейшее из них – Белорусское общество охраны природы (БООП) действует более 30 лет и имеет свои региональные организации во всех областях, городах и районах, а также первичные организации во многих трудовых коллективах.

Одним из старейших общественных объединений является также Белорусское общество охотников и рыболовов (БООР). Оно имеет разветвленную сеть областных, городских, районных и первичных организаций. За охотколлективами этого общества на правах аренды закреплена основная площадь охотничьих угодий.

Хорошие природоохранные традиции имеет молодежное экологическое движение. Отличительной особенностью его является отсутствие четкой организационной структуры и фиксированного постоянного членства. Многие структуры этого движения проявляют высокую практическую активность, являются инициаторами и участниками многих акций природоохранной направленности, поддерживают постоянные связи с зарубежными природоохранными общественными объединениями.

Белорусский Социально-Экологический союз основное внимание концентрирует на проблемах, связанных с негативными последствиями аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

В настоящее время уже действуют десятки региональных природоохранных объединений, но в целом общественное природоохранное движение в стране развито относительно слабо.

Лекция 6

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ

6.1. Классификация загрязнений. Загрязнение воздуха: основные загрязнители атмосферы, контроль качества атмосферного воздуха, понятие о предельно допустимых концентрациях вредных веществ, наиболее фитотоксичные загрязнители. Загрязнение почв, классификация пестицидов. Источники загрязнения вод, основные загрязнители водной среды. Физическое загрязнение.

6.2. Загрязнение окружающей среды промышленными отходами. Ликвидация производственных и бытовых отходов. Медицинские отходы. Правила и методы обезвреживания отходов лекарственных средств.

6.3. Экологическая безопасность промышленных предприятий. Экология фармацевтических и биотехнологических предприятий. Экологическая безопасность использования биотехнологий в Республике Беларусь. Влияние аптечных учреждений на окружающую среду.

6.1. Загрязнение окружающей среды – это привнесение в среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических характеристик или превышение естественного уровня их содержания в среде, приводящее к негативным последствиям.

Загрязнитель – любой физический агент, химическое вещество или биологический вид (главным образом, микроорганизмы), вызывающий загрязнение среды.

Классификация загрязнений:

1. по агрегатному состоянию все загрязняющие вещества подразделяются на *твердые, жидкие и газообразные*, причем, последних около 90%. Выделяют также *стойкие* (не разлагающиеся биологическим путем) загрязнители.

2. *Естественное* загрязнение – возникает в результате мощных природных процессов (извержения вулканов, лесные пожары, выветривание и т.д.), *антрополическое* – вызвано деятельностью человека в промышленности, теплоэнергетике, транспорте, сельском хозяйстве. В последние десятилетия антрополические факторы загрязнения атмосферы стали превышать по масштабам естественные, приобретая глобальный характер.

3. Начиная с 1945 года можно говорить о превращении локальных загрязненных зон в глобальное загрязнение биосферы.

4. Загрязнения могут быть *первичными* (поступают непосредственно в среду) и *вторичными* (появляются в результате химических превращений в ней). Так, поступающий непосредственно в атмосферу SO_2 окисляется до SO_3 , который взаимодействует с парами воды, образуя капельки серной кислоты, или взаимодействует с аммиаком, образуя кристаллы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

5. *Физическое загрязнение*: тепловое, шумовое, электромагнитное, световое, радиоактивное. *Биологическое загрязнение*: проникновение в экосистемы чуждых им организмов. Наличие в городах свалок, несвоевременная уборка бытовых отходов приводит к резкому увеличению численности синантропных животных: крыс, мышей, тараканов и др. насекомых, а также голубей, ворон и т.д. *Химическое загрязнение*: аэрозоли, химические вещества, тяжелые металлы, пестициды, пластмассы, СПАВ. Многие химические вещества обладают канцерогенным и мутагенным действием. Среди них экспертами ЮНЕСКО выделено 200 наиболее опасных: бензол, асбест, бенз- α -пирен, пестициды (ДДТ, элдрин, линдан и др.), тяжелые металлы (особенно ртуть, свинец, кадмий), разнообразные красители и пищевые добавки.

Источники загрязнения воздуха: стационарные и подвижные (транспорт). В среднем на автотранспорт приходится 37%, промышленность – 32%, прочие источники – 31%.

Ежегодно составляется список городов с наибольшим количеством выбросов. Лидеры ежегодно меняются, но среди белорусских городов чаще других ими бывают Минск, Новополоцк, Могилев, Гомель.

Основные загрязнители атмосферы: 1. *Оксиды углерода* CO и CO_2 – получаются при сжигании топлива в очень больших количествах. В процессе дыхания выделяется 72 млрд. тонн. Оксид углерода активно взаимодействует с другими газами атмосферы и способствует развитию парникового эффекта (повышение температуры на планете). В естественных условиях содержание CO составляет 0,1- 0,2 мг%, в автомобильных пробках – до 100 мг%.

2. *Сернистый ангидрид* SO_2 выделяется в процессе сгорания серусодержащего топлива или переработки сернистых руд (70 - 99 млн. т в год). Окисляется кислородом воздуха в SO_3 .

3. *Серный ангидрид* SO_3 . Аэрозоль серной кислоты попадает в почвы и открытые водоемы, вызывает обострения заболеваний органов дыхания у человека. Наиболее опасная погода – низкая облачность и высокая влажность воздуха. На листьях растений, произрастающих вблизи от таких предприятий, образуются мелкие некротические пятна в местах оседания капелек серной кислоты.

4. *Оксиды азота*. Ежегодный выброс достигает 68 млн. т. Основные источники – предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту, анилиновые красители, вязкозный шёлк, сжигание топлива.

5. H_2S и CS_2 (*сероводород и сероуглерод*) поступают в атмосферу вместе или раздельно с другими соединениями серы. Основные источники их выброса – предприятия по изготовлению искусственных волокон, сахара, нефтепереработки и нефтедобывающих предприятий. В атмосфере H_2S и CS_2 взаимодействуют с другими соединениями и медленно окисляются до SO_3 .

6. *Соединения фтора*. Источниками загрязнения являются предприятия по производству алюминия, эмалей, стекла, керамики, фосфорных удобрений. Эти соединения (HF , NaF , CaF_2) отличаются токсическим эффектом, являются сильными инсектицидами.

7. *Соединения хлора*. Поступают от предприятий, производящих HCl , хлорсодержащие пестициды, анилиновые красители, гидролизный спирт, хлорную известь, соду.

8. *Аэрозоли* – это твердые или жидкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе, средний размер 1-5 мкм. Пылевидные частицы поступают в атмосферу как в ряде естественных природных явлений (выветривание, пылевые бури), так и в результате деятельности человека: при сжигании каменного угля выделяется 93,6 млн. т. пыли в год. При выплавке чугуна и переработке его на сталь происходит выброс в атмосферу 20,2 млн. т пыли в год. В пересчете – около 4,5 кг на 1 т чугуна очень вредных пылевых частиц, содержащих соединения As, P, Sb, Pb, Hg и других металлов, а также HCN . Производство цемента дает 53,4 млн. т. пыли в год.

Таким образом, основные источники искусственных аэрозольных загрязнений – ТЭС, работающие на угле, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, сажевые заводы. Химический состав этих частиц очень разнообразен – соединения Si, Ca, C, оксиды очень многих металлов, также асбест. Еще большее разнообразие свойственно пыли, образующейся при сжигании нефтепродуктов, она включает алифатические и ароматические углеводороды, кислоты и их соли.

Постоянными источниками пыли являются отвалы – искусственные насыпи из различных пород, образующиеся при добыче полезных ископаемых, из отходов переработки промышленности. Еще один источник пыли и ядовитых газов – взрывные работы. В результате одного среднего по массе взрыва в атмосферу выбрасывается около 2 тыс. м³ условного СО₂ и более 150 т пыли.

В настоящее время установлены ПДК для 445 вредных веществ воздушной среды. ПДК – это такое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. Для санитарной оценки атмосферы используется несколько видов ПДК:

1. *ПДК для воздуха рабочей зоны.* ПДК вредного вещества не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение 8 часов за всё время рабочего стажа каких-либо заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположены места работающих.

2. *ПДК для воздуха населенных мест* (максимально-разовая и среднесуточная). Максимальная разовая концентрация вредного вещества не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека. Среднесуточная не должна оказывать прямого или косвенного воздействия на организм человека в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

Многие токсичные вещества обладают эффектом суммированного действия, т.е. их смеси оказывают более токсичное воздействие на живой организм, чем отдельные компоненты. Например, смеси ацетона и ацетофенона; триоксида и диоксида серы и оксидов азота; сильных минеральных кислот (соляная, азотная, серная); диоксида серы и фенола и многие др.

Для обеспечения охраны воздушной среды установлена еще одна нормативная величина – *предельно допустимый выброс (ПДВ)*. ПДВ – это объем (или вес) загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которого ведет к превышению ПДК в среде вокруг источника загрязнения и, как следствие, к неблагоприятным последствиям в окружающей среде и риску для здоровья людей.

Наибольшее воздействие на растения оказывает сернистый газ: омертвление участков тканей листовой пластинки между жилками вследствие накопления солей сернистой и серной кислоты. Длительное воздействие сернистого газа в сублетальных дозах проявляется в пожелтении листьев, начиная от верхушки до основания листа, а в

больших концентрациях — в омертвлении апексов, появлении красной или оранжевой окраски.

Если расположить растения в порядке повышения их устойчивости к SO_2 , то получится следующий ряд: грибы, лишайники, хвойные, травянистые, листопадные деревья. Среди сельскохозяйственных растений — кормовые бобовые, хлопчатник, сложноцветные, злаковые, крестоцветные, затем кукуруза, виноград, древесные розоцветные. Подорожник очень устойчив к SO_2 . Чувствительность некоторых растений (например, лишайников и хвойных деревьев) к загрязнению атмосферы настолько высока, что их можно использовать в качестве биоиндикаторов загрязнения. Лишайники исчезают при концентрации, допустимой для большинства растений. Повреждающее действие SO_2 на лишайники связано прежде всего с тем, что он конкурирует с CO_2 во время световой фазы фотосинтеза.

Другие загрязнители атмосферы также обладают фитотоксичностью: NO_2 задерживает рост без видимых повреждений. Озон вызывает завядание, эффект усиливается в присутствии SO_2 (потенцирование). Фтор вызывает некроз паренхимы листьев с изменением цвета до серого и каштанового (сад не может соседствовать с алюминиевым заводом).

Из всех атмосферных загрязнений чаще всего приводит к отравлению домашних животных фтор (флюорозы), как непосредственно через дыхательные пути, так и через пищевые цепи, т.к. аккумулируется растениями, достигая концентрации 2 г/кг сухой растительной массы. Нарушает процессы, связанные с усвоением Са.

Источники загрязнения почвы:

- 1) химические в-ва, применяемые в сельском хозяйстве;
- 2) промышленные выбросы,
- 3) городские отходы.

С урожаем человек изымает из почвы определенные количества питательных для растений элементов: азота, фосфора, калия, в меньшей степени серы, кальция, магния и др. Необходимо возместить потерю удобрениями. Но вся сложность в том, чтобы количество внесенных веществ точно соответствовало количеству изъятых с урожаем, т.к. избыточное количество удобрений не усваивается растениями, а является загрязнителем почвы. В 1965 году К. Праттом описан закон предельного плодородия: повышение урожайности имеет тенденцию к замедлению по мере того, как необоснованно увеличивается количество вносимых удобрений. Избыток химических удобрений нарушает физическую структуру почв (изменяется в частности, способность почвы к фильтрации и удержанию влаги, что приводит к уменьшению плодородия).

Избыточное количество нитратов и фосфатов — значительно ухудшает качество продуктов питания. Нитраты преобразуются в нитрозамины (канцерогены).

Из соображений экономии удобрения используются неочищенными, что приводит к попаданию многих металлов, которые очень малоподвижны в почве, т.е. не вымываются и не удаляются из неё годами.

Если учесть, что на 1 га сейчас в мире вносится около 300 кг удобрений, и прибавить минеральные пестициды (соли меди, свинца, мышьяка), то обстановка складывается очень серьезная. Наиболее опасны свинец и мышьяк, которые относятся к практически неподвижным в почве элементам. Они накапливаются в верхнем горизонте почвы (10 - 12 см. глубиной) и сохраняются там в течение десятилетий.

Пестициды — это химические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся продукции, бытовыми вредителями и внешними паразитами животных, а также для регулирования роста, предуборочного удаления листьев (дефолианты), предуборочного подсушивания растений (десиканты) и других целей.

Существует несколько классификаций пестицидов: гигиеническая, химическая, производственная. Гигиеническая классификация построена по степени их ядовитости для биологических объектов, кумулятивным свойствам и стойкости. Химическая — по химической структуре (хлорорганические, фосфорорганические, ртутьорганические, мышьяксодержащие, производные мочевины, цианистые соединения и др.).

В зависимости от объекта воздействия пестициды подразделяются на: 1) акарициды (против клещей); 2) альгициды (против водорослей); 3) бактерициды (против бактерий и бактериальных болезней растений); 4) зооциды (против грызунов); 5) инсектициды (против насекомых); 6) фунгициды (против патогенных грибов); 7) гербициды (против сорняков); 8) нематоциды (против круглых червей из класса нематод).

В 1939 году в Швейцарии П. Мюллером был открыт ДДТ. За это изобретение он стал лауреатом Нобелевской премии. В 1944 году, пестициды позволили быстро решить проблемы защиты растений и медицинской энтомологии. Но уже через 30 лет использование ДДТ было запрещено сначала в Швейцарии и Швеции, затем и в других странах. Это обусловлено необычайной токсичностью таких веществ, они неизбежно вызывают глубокие изменения всей экосистемы, в которую его внедрили.

Негативные св-ва пестицидов: 1) очень токсичны и неизбежны (реальное воздействие так называемых гербицидов, фунгицидов всегда намного шире. 2) площади применения очень велики, 3) многие пестициды очень стойки (период полураспада ДДТ в воде – 10 лет, диэтилдрин – более 20 лет).

Источники загрязнения вод:

- 1) прямой сброс в реки, озера, моря;
- 2) поступления из атмосферы;
- 3) захоронения отходов в морях;
- 4) загрязнения от морского и речного транспорта, от аварий танкеров.

Основные загрязнители:

1) Тяжелые металлы: свинец (в основном за счет тетраэтилсвинца в автомобильном топливе), Cu, Cd, Zn, Cr, Ni, Hg. Отходы, содержащие ртуть, свинец, медь, локализованы в отдельных районах у берегов, однако некоторая их часть выносится далеко за пределы территориальных вод. Отходы, содержащие ртуть, обычно скапливаются в донных отложениях, постепенно превращаются в очень токсичную метилртуть, которая может вызывать отравление (болезнь Минамата) у людей, употребляющих в пищу рыбу, выловленную при концентрации Hg в 4 - 30 тыс. раз больше, чем в открытом океане. Эффект концентрации в пищевых цепях составляет 500 000.

2) Нитраты – в основном за счет поверхностных стоков дождевых вод с сельскохозяйственных полей, а также за счет атмосферных осадков. Уровень загрязнения нитратами поверхностных вод довольно высок и часто превышает ПДК.

3) Фосфаты являются лимитирующим фактором для пресноводного и морского фитопланктона. Основные источники – фосфорные удобрения и синтетические моющие средства (содержащие полифосфат Na).

4) Углеводороды попадают в воду в результате многих факторов, связанных с добычей, транспортировкой и использованием нефти и нефтепродуктов.

5) СПАВ содержат поверхностно активное вещество, растворенное в полифосфате Na, добавочные ингредиенты (ароматизаторы, отбеливатели и т.п.). В последнее время производители стараются переходить на СПАВ, не содержащие фосфатов. Все СПАВ очень трудно ассимилируются природной средой, на их окисление требуется большое количество кислорода, они токсичны для рыб, могут вызывать раздражение и воспаление кожи человека.

6) Пестициды попадают как в результате стоков с полей, так и вследствие сброса отходов заводами по их производству.

7) Биологическое загрязнение вод может иметь различное происхождение: промышленные стоки (молочных, сахарных, целлюлозно-бумажных заводов), бытовые стоки (содержащие пищевые отходы, фекалии). Биологическое загрязнение может привести к сильному бактериологическому заражению воды, которое способствует распространению таких заболеваний, как гепатит А, холера, дизентерия, тиф, кишечные инфекции. Следует отметить, что в загрязненной органическими веществами воде бактерии размножаются намного быстрее, чем в чистой.

По загрязнению вод органикой лидирует целлюлозно-бумажная промышленность. Один комбинат средней мощности равнозначен по количеству загрязнений городу с 500 000 населением.

Уровень загрязнения зависит от растворимости, но даже такие мало растворимые вещества, как нефть или хлорорганические пестициды, накапливаются в водных биоценозах, вызывая в них различные нарушения.

Последствия загрязнения вод. Особенность проточных вод — способность к постоянному перемешиванию и самоочищению. Ниже по течению от места слива отходов, богатых органическими веществами, образуются *четыре зоны*:

- *деградации* (вода реки смешивается с загрязнителем);
- *активного разложения* (грибы и бактерии размножаются и разрушают органическое вещество. Если при этом расходуется весь кислород, то зона становится зараженной);
- *восстановления* (происходит постепенное восстановление первоначальных свойств воды);
- *зона чистой воды.*

Усиливающий фактор воздействия загрязнителя — низкое содержание кислорода. При уменьшении содержания O_2 водные обитатели нуждаются в повышенной циркуляции воды (контакт жабр с огромным объемом воды), что сильно увеличивает риск поглощения летальных доз токсичных веществ. Содержание кислорода еще больше уменьшается при повышении температуры (при сочетании биологического и теплового загрязнения).

В сточных водах содержание бактерий резко увеличивается, развиваются также микроскопические грибы и простейшие, вся эта микрофлора способна разложить почти любые органические вещества до минеральных. Когда израсходован весь кислород, развивается анаэробная микрофлора, выделяющая метан, аммиак и сероводород; образуется восстановительная среда, вода приобретает специфический запах. Грязь и ил окрашиваются в характерный черный цвет сульфида железа. В воде образуются студенистые и нитевидные образования, представляющие собой огромные колонии бактерий.

Максимальная плотность фитоценоза водорослей наблюдается на некотором расстоянии от места сброса, когда достигается определенный уровень минерализации органических соединений. Встречаются водоросли родов осциллятория, улотрикс, эвглена, спирогира, вольвокс, некоторые диатомовые. Зеленая водоросль кладофора имеет вид разветвленных нитей длиной до 2 м и образует темно-зеленую плавающую массу, которая может растягиваться вниз по течению на многие километры.

В зоне чистой воды самоочищение заканчивается и восстанавливается флора и фауна чистых вод.

Для стоячих водоемов характерна медленная смена воды. Все озера рано или поздно исчезают в результате *эвтрофикации*, приводящей к бурному развитию водной растительности и др. организмов, ускорения седиментации, уменьшения глубины и постепенного зарастания озера. Для разложения веществ, накапливающихся в донных отложениях, необходимо много кислорода, поэтому глубинные воды могут стать анаэробными. Это может произойти не только в озерах, но и в морях (Черное море с глубины 200 м). В естественных условиях эвтрофикация происходит медленно. Человек резко ускоряет этот процесс, сбрасывая в озера и моря сточные воды, богатые фосфатами (удобрения, СПАВ), нитратами и органическими веществами. Большинство озер находится под угрозой или на пути к ускоренной эвтрофикации.

Грунтовые воды. Подземную воду трудно очистить, так как она не подвергается воздействию солнечного света, быстрого течения и других естественных очищающих факторов, освобождающих от загрязнений поверхностную воду. Уже сейчас города, расположенные в крупных промышленных районах, не могут использовать для водоснабжения местные грунтовые воды из-за их загрязненности; воду приходится с большими расходами доставлять по трубам издалека.

Физическое загрязнение. *Шумовое воздействие:* интенсивность шума измеряется в децибелах (дБ). Звуки интенсивностью более 130 дБ вызывают ощущение боли. Телевизор на средней громкости – 70 дБ. Как мешающий, обычно воспринимается шум, начиная с 25 дБ.

Выброс тепла в окружающую среду может вызвать разрушение биоценозов, поскольку изменяется первостепенный экологический фактор: температура среды. Основной источник – производство электроэнергии (атомные и теплоэлектростанции), сталелитейная, другие виды тяжелой промышленности.

Вибрационное загрязнение (источник – рельсовый транспорт) создает ощущение дискомфорта.

Электрические и магнитные поля, источником которых являются воздушные линии передач различного напряжения, могут приводить к

серьезным нарушениям здоровья человека, нарушают структуру наземных и почвенных биоценозов.

Радиационное загрязнение биосферы – превышение естественного уровня содержания в окружающей среде радиоактивных веществ. Причины: ядерные взрывы, утечки радиоактивных компонентов в результате аварий на АЭС и др. предприятиях, при разработке радиоактивных руд и т.д. Единственная возможность уничтожить р/а загрязнения – предоставить р/а веществу самопроизвольно распадаться. Не существует никаких способов биологического разложения и нет никакого другого механизма очищения окружающей среды от р/а веществ, т.е. борьба с р/а загрязнением может носить только предупредительный характер.

При оценке р/а загрязнения всегда необходимо учитывать естественный радиационный фон планеты, образованный из:

- 1) космической радиации;
- 2) р/а элементов земной коры, стройматериалов и др.

Космическая радиация может быть солнечная и галактическая. Облучению космическими лучами подвергаются экипажи и пассажиры реактивных самолетов. При трансатлантическом перелете из Америки в Европу организм получает дополнительное облучение в дозе 0,05 мЗв. Всего на космические лучи приходится 1/6 естественного фона (0,4 мЗв).

Главным источником естественного излучения являются горные породы, в большей степени гранитные, причем изотоп ^{40}K обуславливает 40 - 45% экспозиционной мощности гамма излучения. На долю тория-232 приходится около 35%. С воздухом в течение суток в легкие человека поступают около 0,7 мБк ^{210}Po , а человека, выкуривающего 1 пачку сигарет в сутки – 70 мБк ^{210}Po .

Материалы, применяемые в строительстве, также содержат р/а вещества. Наименьший гамма-фон – в деревянных зданиях (до 0,5 мГр/г), чуть больше – в кирпичных (до 1 мГр/г) и еще больше в железобетонных (до 1,7 мГр/г). Значительную дозу облучения человек получает, находясь в закрытом непрветриваемом помещении за счет радона – р/а газа, который просачивается через фундамент и пол из грунта или высвобождается из стройматериалов, накапливается в подвалах, жилых комнатах (0,2 кБк/м³), ванных комнатах (8,5 кБк/м³), кухнях (3,0 кБк/м³), причем значительно больше на первом этаже, чем на верхних. Если полы в доме со щелями, а вентиляция слабая, то концентрация радона может стать угрожающей (до 1000 бэр в год на человека). Эффективной защитой являются вентиляционные установки в подвалах, покрытие стен обоями или тремя слоями масляной краски, или пластиком. В кухонные помещения радон проникает с природным газом (3 кБк/м³) и водой (4 кБк/м³).

Искусственные источники:

- 1) медицина (рентгенодиагностика, компьютерная томография, радиоизотопная диагностика и лечение, лучевая терапия);
- 2) сжигание угля на ТЭЦ;
- 3) залежи фосфатов (содержат относительно высокие концентрации р/а веществ);
- 4) потребительские товары (радиолумinesцентные, электронные приборы, телевизоры, компьютеры, часы со световым циферблатом, ионные зубные щетки);
- 5) курение;
- 6) просветленная оптика;
- 7) фарфоровые зубы.

Изучением воздействия ионизирующих излучений и р/а элементов на окружающую среду и отдельные ее компоненты (особи, популяции, биоценозы, экосистемы), а также миграции радионуклидов занимается радиоэкология – раздел экологии.

Этапы развития радиоэкологии:

1) Ионизирующее излучение стали считать экологическим фактором в 30-е годы XX века, когда ученые изучали распределение в биосфере естественных радионуклидов, миграцию и концентрирование естественных радионуклидов в биосфере, выясняли роль и значение естественной радиоактивности в жизненных процессах.

2) 50 - 60-е годы XX века – время интенсивных ядерных испытаний. Основная проблема радиологии этого периода – изучение путей распространения среди живых организмов р/а продуктов ядерных взрывов и влияние дополнительного облучения на основные функции организмов и состояние природных экосистем.

3) С конца 60-х годов до 1986 г. основные интересы были связаны с экологическими аспектами безопасной ядерной энергетики и радиационных биотехнологий. Изучение путей устранения вредного воздействия радиации, связанной с радиоактивными отходами, выбросами АЭС, использованием р/а источников в медицине, промышленности, научных исследованиях, сельском хозяйстве.

4) Изучение экологических проблем аварии на ЧАЭС в 1986 г., оценка степени риска использования АЭС, разработка технологий безопасной ядерной энергетики и утилизации отходов.

Чувствительность живых организмов к облучению тем больше, чем выше уровень их организации, и чем сложнее их организм. Радиочувствительность растений в целом меньше, чем животных, но и среди растений есть очень чувствительные к радиации (сосна). После аварии на ЧАЭС погибло около 600 га сосновых лесов, и поражены на территории более 15 тыс. га.

При воздействии ионизирующего излучения в сублетальных дозах изменяется продолжительность жизни, плодовитость и другие показатели; у растений наблюдается угнетение роста, быстрое старение, морфологические нарушения. При повышении дозы происходит исчезновение наиболее чувствительных видов из биоценоза.

6.2. Наиболее острой экологической проблемой для Беларуси является нерациональное природопользование. На единицу продукции мы используем в 2 - 4 раза больше природных ресурсов и энергии. Большие объемы природных ресурсов идут в отходы. Сохраняется тенденция к увеличению количества твердых промышленных отходов в республике. Номенклатура производственных отходов, образующихся в республике, составляет более 600 наименований.

Табл. 6.1

Структура образования промышленных отходов
в Беларуси в 2004 г.
(без учёта галитовых отходов и глинисто - солевых шламов)

Вид отходов	Образование отходов, тыс.т	Удельный вес в общем объёме, %	Уровень использования, %
Отходы растительного и животного происхождения	2050,0	36,4	100
Отходы неорганического минерального происхождения	1897,0	33,7	60,8
Отходы химических производств	274,1	4,9	39,9
Отходы промышленности, подобные бытовым	1401,0	24,9	4,0
Медицинские отходы	2,0	0,04	50,0
Всего	5624,0	100	64,8

Среди промышленных отходов резко преобладают по объёму галитовые отходы и глинисто-солевые шламы ПО «Беларускалий» (81%).

Уровень использования наиболее объемных видов отходов остается низким (галитовых – 7,4%, глино-солевых шламов – 0%, фосфогипса – 4,2%). Использование лигнина составляет 41% годового объема образования отходов. Утилизируется всего 15 - 16% твердых промышленных отходов.

Основная часть неиспользованных промышленных отходов удаляется на полигоны и шламонакопители предприятий (77,5%), на территории предприятий оставлено 0,5% отходов, вывозится около 22% на полигоны твердых бытовых отходов.

На территории Беларуси образуется около 2,5 млн.т *твердых бытовых отходов* (ТБО) в год. Состав ТБО чрезвычайно неоднороден. В среднем более 50% (по массе) ТБО составляют бумага, картон и так называемые «дворовые отходы» (сухие листья, смет и т.п.); около 40% – металлы, стекло, пищевые отходы и пластмасса; 10% – дерево, резина, кожа, ткани, а также ряд неорганических материалов.

Состав ТБО имеет особо важное значение для решения вопроса о способе их ликвидации и, особенно, выбора систем обработки отходов (дробление, сортировка, сжигание, компостирование и т.д.).

Основная масса отходов вывозится на полигоны ТБО. Около 50% полигонов Беларуси эксплуатируются более 15 лет и резерв вместимости на них почти исчерпан. Переработке на мусороперерабатывающих заводах подвергается только 3,5% бытовых отходов. Не использованные опасные отходы вывозятся на полигоны промышленных и бытовых отходов либо накапливаются на территории предприятий.

Ежегодный объем образования *медицинских отходов* составляет около 10 тыс. т. Среди медицинских отходов выделяют группы опасных:

- медицинскую продукцию, содержащую радиоактивные элементы, ртуть;
- лекарственные средства, содержащие живые культуры микроорганизмов, средства в аэрозольной упаковке;
- наркотические и психотропные средства, антибиотики, антисептики и др.

В каждой группе производится разделение лекарственных средств по агрегатному состоянию, первичной упаковке и другим признакам в соответствии с предполагаемыми методами обезвреживания отходов, образовавшихся после её уничтожения.

Медицинскую продукцию размещают отдельно по группам, упаковывают в контейнеры или иные ёмкости (прочные картонные коробки, ящики, бочки), которые маркируют в соответствии с их содержанием. До завершения уничтожения медицинскую продукцию хранят в сухом безопасном помещении отдельно от продукции, не подлежащей уничтожению. Работы по классификации и группированию лекарственных средств должны выполняться под непосредственным наблюдением лица, имеющего фармацевтическое или медицинское образование.

Собственник или владелец отходов, образовавшихся в результате уничтожения медицинской продукции, обязан:

1. *разделить на виды и вести их учёт* в соответствии с Правилами ведения учёта отходов, утверждёнными постановлением

Минприроды РБ от 26 ноября 2002 г. № 27 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., № 118, 8/7523);

2. *установить класс их опасности* в соответствии с Положением о порядке определения степени опасности отходов и установления класса опасности опасных отходов, утверждённым постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Минприроды РБ и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 30 октября 2001 г. № 62/23/13 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., № 116, 8/7512);

3. *разместить* в соответствии с Правилами выдачи, приостановления, аннулирования разрешений на размещение отходов производства, утверждёнными постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 30 октября 2001 г. № 63/23/13 (Национальный реестр правовых актов Республики, 2001 г., № 116, 8/7512).

Твёрдые неопасные отходы обезвреживаются захоронением на объектах размещения коммунальных отходов. *Жидкие неопасные отходы*, образовавшиеся в результате уничтожения медицинской продукции могут, по согласованию с организацией, эксплуатирующей объекты водопроводно-канализационного хозяйства и территориальными органами Минприроды, обезвреживаться путём разбавления водой с последующим сливом в канализацию.

Опасные отходы, образовавшиеся в результате уничтожения медицинской продукции, обезвреживаются захоронением на объектах захоронения опасных отходов после предварительного заключения их в герметичную металлическую капсулу. Герметичная металлическая капсула получается следующим способом: отходы помещают в прочную металлическую ёмкость, заполняя ее не более чем на 50 % объёма, после чего заливают смесью, состоящей из извести, цемента и воды в соотношении 15:15:5, заваривают сваркой и выдерживают в течение 7- 28 дней для застывания.

Опасные отходы, образовавшиеся в результате уничтожения лекарственных средств, не требующие специальных методов обезвреживания, могут быть обезврежены сжиганием при температуре не ниже 850°С. Опасные отходы, требующие специальных методов обезвреживания, могут быть обезврежены сжиганием при температуре не ниже 1200°С. Установки по сжиганию должны быть оборудованы газоочистными сооружениями по специальной технологии, предусматривающей контроль отходящих газов и зольного остатка и обеспечивать нормы выбросов загрязняющих веществ.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения антибиотиков и аналогичных противомикробных средств, растворяют в воде,

добавляют 10%-ный раствор натрия гидроксида в количестве 10% от объёма, выдерживают в течение 2 недель, после чего нейтрализуют до pH 5,0 – 7,0 и сливают.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения антисептиков и дезинфицирующих средств, обезвреживаются методом слива в канализацию в соответствии с инструкцией для каждого конкретного средства, содержащей режимы слива и разбавления водой. Запрещается слив любых количеств отходов, образовавшихся в результате уничтожения антисептиков и дезинфицирующих средств, в поверхностные водоёмы.

Отходы, образовавшиеся в результате уничтожения лекарственных средств, содержащих живые (в том числе ослабленные) культуры микроорганизмов, подвергают стерилизации насыщенным водяным паром при избыточном давлении 1,1 кгс/куб.см и температуре 120°С или 2 кгс/куб.см и температуре 132°С. Стерилизацию осуществляют в паровых стерилизаторах (автоклавах). Время стерилизационной выдержки – не менее 15 минут для отходов объёмом до 100 мл; не менее 30 минут для отходов объёмом до 1000 мл. Отходы в объёме более 1000 мл в одном сосуде перед стерилизацией должны быть расфасованы в более мелкие сосуды объёмом менее 1000 мл.

Отходы медицинской продукции, содержащей радиоактивные элементы, обезвреживаются в соответствии с санитарными правилами и нормами «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП - 2002)».

В 1999 г. Республика Беларусь присоединилась к Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением.

6.3. Последние годы XX в. характеризовались бурным развитием биотехнологий, основанных на достижениях молекулярной биологии и генетики. В связи с разработкой методов генной инженерии появились новые, немыслимые ранее перспективы в решении глобальных проблем человечества: борьбы с голодом, лечения болезней, защиты окружающей среды. Созданы высокопродуктивные сорта растений и породы животных, устойчивые к болезням, вредителям, неблагоприятным факторам среды, в наследственную структуру которых введены гены других видов. Организовано массовое производство биологически активных и лекарственных препаратов, разрабатываются методы генной терапии наследственных болезней. Создаются трансгенные растения и животные – продуценты различных веществ для фармакопеи, парфюмерии и др.

Уже сейчас совершенно очевидно, что прогресс любого общества в XXI в. будет в большой степени определяться развитием генно-

инженерных исследований и созданием на их основе новых биотехнологий.

В Беларуси наряду с традиционными биотехнологиями (хлебопечение, пивоварение, производство кисломолочной продукции, квашение овощей, виноделие, производство спирта и др.) широкое распространение получили различные биотехнологии для медицины и сельского хозяйства. В частности, налажено производство лекарственных препаратов антимикробного, противовирусного, противовоспалительного, противоопухолевого, противолейкозного действия, аминокислот, витаминов, ферментов, гормонов, нуклеиновых компонентов, вакцин, кровезаменителей, диагностикумов и др. (всего более 300 наименований).

Для сельского хозяйства производятся различные кормовые добавки, средства ветеринарной защиты животных, регуляторы роста растений и животных, инсектицидные, противобактериальные, противогрибковые и противовирусные биопрепараты широкого спектра действия. Освоены методы получения и микрклонального размножения свободного от патогенов посадочного материала сельскохозяйственных и декоративных культур. Новые методы, основанные на культивировании изолированных клеток и тканей растений, в том числе соматической гибридизация путем слияния протопластов, культура пыльников и микроспор, находят применение в селекции сельскохозяйственных растений. В селекции животных применяются такие биотехнологические методы, как оплодотворение *in vitro*, трансплантация, деление и криоконсервирование эмбрионов.

На 2001 – 2005 гг. приняты две крупные государственные научно-технические программы: "Инфекции и медицинские биотехнологии" и "Промышленная биотехнология", а также Государственная программа фундаментальных исследований "Биотехнология". В Академии аграрных наук Республики Беларусь разрабатывается совместная с российскими учеными научная программа "Создание высокоэффективных биологически безопасных лекарственных препаратов нового поколения на основе белков человека, полученных из молока трансгенных животных" ("Белространген").

В то же время генно-инженерные исследования пока в Беларуси не получили должного развития. На достаточно высоком уровне такие работы проводятся сейчас лишь в нескольких учреждениях НАН Беларуси, Минобразования и Минздрава.

Как и всякие новые технологии, генно-инженерные биотехнологии, помимо несомненных достоинств, могут иметь и определенные негативные стороны. Это потенциальные неблагоприятные воздействия их на здоровье человека и окружающую

среду. В числе возможных экологических рисков, связанных с генно-инженерной деятельностью, называют следующие:

- разрушительное воздействие на биологические сообщества и утрата ценных биологических ресурсов в результате засорения местных видов генами, перенесенными от генетически измененных организмов (ГИО);
- создание новых паразитов, прежде всего сорняков, и усиление вредоносности существующих на основе самих ГИО или в результате переноса трансгенов другим видам;
- выработка веществ-продуктов трансгенов, которые могут быть токсичными для организмов, живущих или питающихся на ГИО и не являющихся мишенями трансгенных признаков;
- неблагоприятное воздействие на экосистемы токсичных веществ, производных неполного разрушения опасных химикатов (значительная доля создаваемых в настоящее время ГИО – формы, устойчивые к гербицидам).

Наибольшие опасения экологов вызывает высвобождение в окружающую среду трансгенных организмов, прежде всего, сельскохозяйственных растений и животных, в геном которых привнесены чужеродные, не характерные для них, гены микроорганизмов, вирусов. Что может приводить к изменению естественных биоценозов в результате переноса трансгенов диким видам, появлению новых, более агрессивных патогенов, сорняков, поражению организмов, не являющихся мишенями трансгенных признаков и др.

Создан Национальный координационный центр биобезопасности. До тех пор, пока имеется элемент научной неопределенности относительно возможных неблагоприятных последствий генно-инженерной деятельности для здоровья человека и окружающей среды, она, в соответствии с принципом предосторожности, должна регулироваться на государственном уровне. В большинстве развитых стран мира принято и эффективно функционирует специальное законодательство, касающееся безопасности в генно-инженерной деятельности (биобезопасности). Основные направления государственного регулирования в области биобезопасности включают: работы по созданию, испытанию ГИО в закрытых (изолированных) системах, высвобождение ГИО в окружающую среду с целью испытания, экспорт и импорт ГИО, использование их в хозяйственной деятельности.

В системе международных отношений вопросы биобезопасности вышли в последнее время на первый план. Основное положение Картахенского Протокола: любое юридическое или физическое лицо, имеющее намерение ввезти в страну ГИО (например, семена

сельскохозяйственных культур, предназначенные для посева), должно заблаговременно информировать об этом компетентные органы страны импорта, предоставив соответствующую информацию о ГИО, месте и времени его высвобождения.

Евросоюз и Япония отказались закупать генетически модифицированное зерно. К сожалению, Беларусь не располагает адекватной законодательной, лабораторной, медицинской и информационной базой для того, чтобы контролировать качество импортируемой сельхозпродукции на предмет содержания в ней ГМ-компонентов, и далеко не все осознают опасность ГМ продукции для здоровья нынешнего и последующих поколений, не говоря уже о сохранении естественного генетического фонда белорусской флоры и фауны, местных сельскохозяйственных культур, и без того пострадавших от последствий Чернобыля. По этой причине у нас активизировалась деятельность западных компаний, входящих в транснациональные корпорации Фармация (бывшая Монсанто) и Авентис, и экспериментирующих с ГМ-организмами (сахарная свекла, картофель, кукуруза, соя и т.д.).

Особенно загрязняют среду предприятия, производящие антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, кормовой белок, биоконцентраты и др., т.е. предприятия промышленного биосинтеза, в выбросах которых содержатся живые бактериальные клетки или клетки микроскопических грибов. К таким предприятиям относятся и фармацевтические. Реальная экологическая обстановка вокруг них определяется соответствием экологическим требованиям технологического процесса и наличием очистных сооружений. Известно, что новые фармацевтические предприятия, оснащенные современным оборудованием, оказывают минимальное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время практически все аптеки перешли на реализацию только готовых лекарственных форм, что исключает оказание вредного воздействия аптечных учреждений на окружающую среду. Лишь при проведении аналитических исследований меппрепаратов возможно попадание агрессивных реагентов (сильные щелочи, кислоты) в городскую канализацию. Однако, большая степень разведения делает их безопасными.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛАРУСИ

7.1. Природные ресурсы Беларуси. Климатические ресурсы. Атмосферный воздух: загрязнение вредными выбросами, трансграничный перенос, контроль качества атмосферного воздуха. Водные ресурсы: основные загрязнители воды, биологическое загрязнение, современное состояние водоемов. Недра и минеральные ресурсы. Почвы, влияние удобрений, пестицидов, режимов обработки.

7.2. Биологическое и ландшафтное разнообразие. Видовой состав естественной флоры и фауны Беларуси. Охотничьи и промысловые животные, ценные виды беспозвоночных. Определяющее влияние антропогенных факторов на биоразнообразие.

7.3. Растительные ресурсы: лекарственные и эфиромасличные, пищевые, технические, декоративные и кормовые растения. Виды, перспективные в хозяйственном использовании. Проблемы возобновления и рациональной эксплуатации растительных ресурсов.

7.1. Беларусь расположена в центре Европы на Центрально-Восточной равнине (площадь составляет 207,6 тыс. кв. км, или 2,1% площади Европы), что в значительной степени определяет состояние ее природной среды.

Годовая величина суммарной *солнечной радиации* на территории Беларуси постепенно повышается с севера на юг от 3500 до 4100 МДж/м². Распределение фотосинтетически активной радиации (ФАР) такое же, как суммарной, и изменяется с севера на юг от 1890 до 2160 МДж/м². Для всех видов солнечной радиации характерно плавное изменение годового хода их месячных сумм с максимумом в июле, минимумом в декабре.

Для *теплового режима* характерно постепенное повышение температуры воздуха с северо-востока на юг, юго-запад. Средняя годовая температура воздуха изменяется от 4,5 до 7,0°C. Важные характеристики теплообеспеченности – это продолжительность периодов с температурами определенных пределов и сумма накопленных температур. Продолжительность периода с температурой воздуха выше 0°C в республике составляет:

- с температурой >5°C – 185...208 дней,
- >10°C – 140...160 дней.

Термические ресурсы территории позволяют возделывать основные сельскохозяйственные культуры, требующие менее 2000°C активных температур за вегетационный период.

Республика расположена в зоне *достаточного увлажнения*. Около 70% годовой суммы осадков – в теплый период года. Важной характеристикой, определяющей суровость климата и степень увлажнения, является снежный покров. Продолжительность периода с устойчивым морозом в Беларуси составляет от 75 дней на юго-западе до 125 дней на востоке республики. Средняя многолетняя высота снежного покрова изменяется от 15 до 30 см и более, а максимальные за зиму – от 35 до 80...100 см.

Значительный ущерб сельскому хозяйству Беларуси наносят понижения температуры воздуха или поверхности почвы до 0°C и ниже в вегетационный период. Возникновение заморозков в основном обусловлено радиационным выхолаживанием в малооблачные и тихие ночи поверхности почвы и приземного слоя воздуха. Вероятность заморозков резко уменьшается от первой декады мая к июлю и быстро возрастает от третьей декады августа к третьей декаде сентября.

Основные проблемы в области защиты атмосферного воздуха связаны с его загрязнением вредными выбросами от стационарных и передвижных источников, и также с вредным воздействием на озоновый слой.

Загрязнение воздушного бассейна остается острой проблемой на протяжении многих десятилетий. Наибольшее количество загрязняющих веществ (тыс. тонн) в 2004 году выброшено предприятиями: Новополоцка – 52,3, Минска – 36,1, Гомеля – 13,8, Гродно – 12,7, Могилева – 10,5, Солигорска – 10,5 Витебска – 6,1. По выбросам вредных веществ от автотранспорта "лидируют" Минская (160,4 тыс. тонн в год), Брестская (149,1) и Гомельская (141,7) области. Данные многолетних наблюдений показывают, что в большинстве городов Республики наблюдается снижение загрязнения атмосферного воздуха пылью, оксидами азота, диоксидом серы, оксидом углерода, сероводородом и аммиаком, что объясняется, в основном, общим спадом промышленного производства и лишь частично природоохранными мероприятиями на промышленных предприятиях. Несмотря на сохраняющуюся тенденцию к сокращению объемов вредных выбросов и общее снижение содержания в атмосферном воздухе основных загрязняющих веществ, уровень загрязнения основными и особенно специфическими веществами продолжает оставаться повышенным.

При осуществлении мер по снижению объемов выбросов в воздушный бассейн значительную роль играют национальные стандарты качества атмосферного воздуха. Поэтому действующая система стандартов требует корректировки в соответствии с

международными требованиями и обязательствами РБ по международным конвенциям и соглашениям.

Радиоактивное загрязнение атмосферного воздуха (мощность экспозиционной дозы гамма-излучения – МЭД) измеряется ежедневно на 58 станциях. Средние значения МЭД в 2004 году находились в пределах 0,01 - 0,12 мР/ч (за исключением зоны отселения). Отмечаются кратко временные и локальные увеличения радиоактивности атмосферного воздуха при лесных пожарах. Превышение естественного фона регистрируется в зонах радиоактивного загрязнения: Братин, Наровля, Славгород, Хойники.

Особенности географического положения республики, преобладание ветров западного направления способствует тому, что РБ является одной из загрязняемых стран Европы за счет трансграничного переноса. Ежегодно на территории республики доля трансграничной серы в выпадениях составляет 84 - 86%, окисленного азота – 89 - 94%, восстановленного азота – 38 - 65%.

С целью сохранения чистоты воздушного бассейна осуществляются проверки предприятий по соблюдению требований законодательства по охране воздуха, введены платежи за выбросы вредных веществ в атмосферу. В результате принятых мер произошло значительное снижение выбросов, особенно в Могилеве, Новополоцке, Полоцке, Светлогорске и Гродно.

Учитывая важность проблемы охраны *озонового слоя*, Республика Беларусь, подписавшая и ратифицировавшая в числе первых Венскую конвенцию об охране озонового слоя и Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, создает нормативно-методическое обеспечение прекращения использования озоноразрушающих веществ.

В 2000 году Беларусь завершила работу над проектом «Прекращение использования озоноразрушающих веществ, которая осуществлялась за счет средств Глобального Экологического Фонда (ГЭФ) при активной поддержке Международного Банка Реконструкции и Развития. Создана сеть станций рециклинга для сбора, очистки и повторного использования отработанных озоноразрушающих веществ.

В результате этой работы удалось вывести из потребления в общей сложности около 700 тонн озоноразрушающих веществ на шести крупнейших предприятиях, где эти вещества использовались при производстве и обслуживании холодильного оборудования, а также в качестве растворителей в радиоэлектронной промышленности.

Ресурсы поверхностных вод Беларуси оцениваются в 57,9 км³ в год. Большая часть речного стока формируется в пределах страны, приток вод с территории Украины и России составляет 41%. Речная система р. Днепр с притоками относится к бассейну Черного моря.

системы Западной Двины, Немана, Западного Буга — к бассейну Балтийского моря.

Ежегодно выпадает 146 км^3 осадков, почти 110 км^3 испаряется в атмосферу, и только 36 км^3 (25%) преобразуется в местный сток.

В республике насчитывается более 10 тыс. озер, которые сконцентрированы в Поозерье (более 4000) и в Полесье. Основное количество крупных озер имеют ледниковое происхождение и находится в северной части республики.

В Беларуси имеется несколько искусственно созданных водных систем:

- Березинская (общая протяженность 169 км, соединяет Западную Двину с Днепром),
- Днепровско-Бугский канал (часть Днепровско-Бугского водного пути, длиной около 735 км),
- Огинский канал (водораздельный),
- 143 водохранилища.

Судоходные реки Днепр, Припять, Березина, Сож.

Естественные ресурсы подземных вод (16 км^3 в год) являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Несмотря на то, что Беларусь уменьшила суммарное потребление воды на 40% по сравнению с 1991 годом, на одного жителя приходится 210 л/сут, что является самым высоким показателем в Европе.

Острой является проблема состояния малых рек и охрана от загрязнения подземных и поверхностных вод. Несмотря на снижение в последние годы объемов применения в сельском хозяйстве пестицидов, опасность загрязнения ими почв в республике сохраняется, как за счет превышения норм внесения, так и за счет остаточных их количеств. Эродированные и эрозийно-опасные земли занимают около 4 млн. га. Эрозия почв оказывает негативное влияние на качественное состояние водных объектов.

Проблема загрязнения *поверхностных и подземных вод* вызывает особую озабоченность. Мониторинг поверхностных вод по 50 показателям и ингредиентам свидетельствует о том, что многие реки загрязнены сверх допустимых пределов *нефтепродуктами, тяжелыми металлами (медью, цинком, никелем, хромом и др.)*. Высокие концентрации нефтепродуктов прослеживаются в водах Уллы, Днепра, Ясельды, Припяти, Зап. Двины, Свислочи, Немана и др. *Нитритным азотом* наиболее загрязнены Свислочь, Днепр, Уза, Плисса; *цинком* — Свислочь, Припять, Днепр, Муховец. что связано с недостаточной эффективностью очистных сооружений и порою с отсутствием ливневой канализации. Минск является самым мощным локальным источником химических нагрузок на поверхностные воды (в р. Свислочь сбрасывается около 280 млн. м^3 очищенных сточных вод).

Особая проблема вод – это биологическое загрязнение. Наиболее наглядным является пример с озером Нарочь, где в результате эвтрофикации широко расселился двустворчатый моллюск дрейссена, личинки которого паразитируют на рыбе, приводя к уменьшению численности популяций ценных видов. Биологическое загрязнение может быть спровоцировано непродуманными мероприятиями по зарыблению озер. В озеро Освейское были выпущены мальки белого амура и толстолобика. Результат оказался противоположным ожидаемому. Кроме того, что эти виды рыб не прижились в новом месте, они заразили собственными им эндо- и эктопаразитами аборигенные виды, что привело к резкому спаду объема уловов.

По-прежнему насущна проблема загрязнения вод радионуклидами. Контроль за радиоактивным загрязнением речных вод в гг. Речица, Гомель, Мозырь, Добруш и в деревне Светиловичи показывает, что концентрации цезия ¹³⁷ (0,040-0,092 Бк/л) значительно ниже ПДК и постепенно снижаются во времени. Так, с 1991 г. эти концентрации в Припяти уменьшились в 7 раз, Днепре – 5, Соже – 26, Ипути – 33 и Беседи – в 12 раз. Накопление радионуклидов происходит в донных отложениях рек (как правило, в непроточных местах). Максимальное локальное содержание цезия ¹³⁷ зафиксировано в донных отложениях р. Ипуть (г. Добруш, перед плотиной) – 13520 Бк/кг. Миграция цезия ¹³⁷ в реках происходит при паводках, что приводит к увеличению удельной активности воды именно в этот период. Стронций ⁹⁰, в отличие от цезия ¹³⁷, мигрирует в растворенном состоянии. До аварии на Чернобыльской АЭС концентрации стронция ⁹⁰ в р. Припять составляли 0,0033-0,0185 Бк/л, в первые дни после аварии – 3000 Бк/л, в настоящее время – 1,59-2,7 Бк/л.

В 2004 г. в Республике на различные нужды было забрано 800,76 млн. куб. м поверхностных вод и 1081,97 млн. м³ подземных вод. В большинстве случаев качество подземных вод основных эксплуатируемых водоносных горизонтов и комплексов соответствует требованиям ГОСТ "Вода питьевая". Однако, на отдельных участках размещения скважин в районах: очистных сооружений, свалок, отходов промышленных отходов отмечено загрязнение подземных вод соединениями азота, хлоридами, тяжелыми металлами, нефтепродуктами, фенолами и др. Примером промышленного загрязнения подземных водоносных горизонтов являются отвалы фосфогипса на химзаводе г. Гомеля, шламонакопители и поля фильтрации ПО "Азот" (г. Гродно). В Солигорском районе добыча калийной соли привела к загрязнению даже глубокозалегающих подземных вод на площади более 15 км². На отдельных участках минерализация грунтовых вод достигает 200 г/л.

Интенсивное загрязнение грунтовых вод происходит в сельскохозяйственных районах Республики, особенно в населенных пунктах, в пределах животноводческих и птицеводческих ферм, складов минеральных удобрений, полей орошения животноводческими стоками, на отдельных полях, где нарушаются регламенты внесения минеральных и органических удобрений. В связи с этим около 80% колодцев в сельской местности имеют воду, непригодную для питья, т.е. около 3 млн. человек употребляют воду, опасную для их здоровья. Проблема качества питьевой воды стоит остро. Грунтовые воды, используемые для питьевых целей в большинстве сельских населенных пунктов страны, имеют повышенное содержание нитратов. Их средние концентрации превышают ПДК в Минской области – в 3,8 раза, в Брестской – в 3,7 раза, в Гомельской – в 3,0 раза, в Могилевской – в 2,3 раза, в Гродненской – в 2,2 раза, в Витебской – в 2,0 раза, д. Горки, Полоцкий район – 14,5 ПДК.

В последние годы отмечается опасная тенденция ухудшения качества подземных вод в районах отдельных водозаборов городов: Минска, Борисова, Новополоцка, Слонима, Слуцка, Орши, Жодино, Борисова, Могилева, Гродно, Гомеля и др. Ухудшает качество подземных вод не только существующая техногенная нагрузка, но и санитарно-гигиеническое состояние.

Поверхностные воды большинства рек Беларуси относятся к классу умеренно загрязненных. Река Свислочь ниже Минска относится к классу грязных.

Проведена большая работа по установлению водоохранных зон для малых рек и озер. В ходе реализации этого проекта из водоохранных зон вынесено свыше 2800 различных хозяйственных объектов. Внутри зон посажены водоохранные лесонасаждения на площади более 10 тыс.га.

Среди центрально-европейских государств Республика Беларусь обладает наиболее крупными *торфяными месторождениями верхового типа* (330 тыс. га). Верховые болота являются национальным достоянием страны, важность которых определяется водохозяйственными, ресурсоохранными, лечебными, научными, рекреационными, учебными и общекультурными критериями. Последние десятилетия характеризовались усилением пресса хозяйственной деятельности человека на природу и увеличение скорости преобразования окружающей среды, в частности верховых болот. В 1978 году Белгипроводхозом была разработана "Генеральная схема комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов бассейна реки Западная Двина", предусматривающая мелиорацию значительных площадей, в том числе и верховых болот. Прямолинейная реализация этой схемы привела к существенным

негативным последствиям и фактическому исчезновению ряда ценнейших болот.

Показательна в этом плане судьба верхового болота Стречно (Жада), где была проложена сеть открытых мелиоративных каналов, существенно понизивших уровень грунтовых вод. Большая часть этого болота утратила свой уникальный облик, его терзают пожары, ежегодно уничтожающие сотни гектаров болота и десятки километров мелиоративных каналов.

Земля является основным природным ресурсом и национальным богатством Беларуси, от эффективности использования и охраны которого во многом зависит социально-экономическая и экологическая ситуация в стране.

Специфическая черта земли как природного ресурса – ее многофункциональность: она служит пространственным базисом для размещения отраслей хозяйственного комплекса, поселений, инфраструктуры, главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве и пр. Следует помнить, что земля является составной и неотъемлемой частью природных систем, в которых действуют объективно существующие экологические законы и правила.

Согласно данным государственного земельного кадастра, по состоянию на 1.01.2003 г. общая площадь земельного фонда Республики Беларусь составляла 20760 тыс.га. По основным видам земель он распределяется следующим образом:

сельскохозяйственные земли – 44,3 % (в том числе пахотные земли – 27,8 %);

лесные земли гослесфонда – 39,0 %;

земли под древесно-кустарниковой растительностью (не вошедшей в гослесфонд) – 2,3 %;

болот – 4,5 %.

Удельный вес средостабилизирующих земель (лесных земель, земель под древесно-кустарниковой растительностью, болот, земель под водой и естественных луговых земель) в общей площади земельного фонда составил 51,0 %.

Уникальным свойством сельскохозяйственных земель, а точнее слагающих их почв, является плодородие. Сохранение и поддержание плодородия земель – одно из фундаментальных условий жизнедеятельности человека. В Беларуси под влиянием географо-климатических факторов преобладают подзолистый, дерновый и болотный почвообразующие процессы. В результате формируются дерново-подзолистые, дерновые, торфяно-болотные почвы. Наибольшим естественным плодородием выделяются дерновые и дерново-карбонатные почвы, площади которых невелики. По площади преобладают дерново-подзолистые, характеризующиеся невысоким

плодородием вследствие низкого содержания гумуса и высокой кислотности. Кроме того, их плодородие снижается из-за неблагоприятных водно-физических свойств. Таким образом, характерная черта земель Беларуси — это значительная разнородность и мозаичность.

Проведенные расчеты по влиянию фактора качества земли на экономические результаты показали, что в Гродненской области по отношению к Витебской области только за счет качества земель (при прочих равных условиях) можно получить до 40% прибыли в земледелии.

В республике наблюдается достаточно устойчивая тенденция сокращения площадей сельскохозяйственных земель в результате исключения из оборота земель загрязненных радионуклидами, зарастания кустарником и мелколесьем мелкоконтурных участков, а также сенокосных и пастбищных земель в поймах рек, изъятия земель для государственных и общественных нужд. За последнее пятилетие площади сельскохозяйственных земель сократились на 64,8 тыс.га. Причем, самые большие сокращения произошли в Витебской, Гомельской и Могилевской областях. Уменьшение внесения органических и минеральных удобрений, а также известкования почв снизило плодородие почв: уменьшилось содержание гумуса, фтора, калия. Сокращение применения пестицидов положительно повлияло на экологическое состояние почвы.

В настоящее время в земельном фонде республики имеется 3415,9 тыс.га осушенных и 115,0 тыс.га орошаемых земель. Значимой для Беларуси является проблема негативных изменений природных комплексов в результате проведения крупномасштабных мелиоративных работ. С осушительной мелиорацией связаны нарушения сложившегося природного равновесия в зонах создаваемых объектов. Использование осушенных торфяно-болотных почв под пашню сопровождается ускоренной минерализацией органического вещества. Размещение посевов зерновых и пропашных культур на осушенных мелюзалежных торфяно-болотных почвах, занимающих более 67% от общей площади осушенных земель, привело к образованию нового типа минеральных и торфяно-минеральных почв с низкой продуктивностью.

В 13 районах наблюдается снижение содержания в почве калия, в 8 районах — гумуса. В Брестской области отрицательный баланс фосфора зафиксирован в 8 районах из 16, гумуса и калия — в 6 районах. Практически по всей Гродненской области в почвах снизилось содержание фосфора, калия и гумуса. Более чем в половине районов увеличилась почвенная кислотность. Аналогичная ситуация имеет место и в других регионах республики. Имеются примеры потери не

только искусственного плодородия в результате снижения необходимых доз органических и минеральных удобрений, но и естественного плодородия земли, восстановление которого в обозримой перспективе практически невозможно.

Вследствие резкого снижения объемов рекультивации (в основном из-за отсутствия средств) значительные площади занимают земли, нарушенные при разработке полезных ископаемых и торфа (Руба, Солигорск).

Особого внимания требуют эродированные и эрозийно-опасные земли и земли, используемые для утилизации животноводческих стоков. Наиболее эродированными являются пахотные земли, расположенные на возвышенностях Белорусской Гряды, а также на протяженных открытых пространствах Полесской низменности.

Серьезный ущерб почвам наносится загрязнением токсичными и радиоактивными веществами отходами производства и потребления.

Источниками нарушения и загрязнения почвенного покрова являются промышленные центры, транспорт и сельскохозяйственное производство. Общая площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных выбросами предприятий городов, промцентров и автотранспорта, превышает 600 тыс. га.

Многогранно негативное влияние на окружающую среду агропромышленного комплекса. При неадекватных методах ведения сельского хозяйства оно является крупным источником отрицательного влияния на почвы, водные ресурсы, атмосферный воздух и другие компоненты среды.

Негативное влияние оказывают также необорудованные средствами защиты склады для хранения минеральных удобрений и ядохимикатов, применение на сельскохозяйственных угодьях тяжелой техники и несоблюдение технологии обработки земли.

Наибольшему загрязнению почвы подвержены в городах и промышленных центрах. Системой мониторинга охвачены 36 наиболее крупных городов. Наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ в почвах, как правило, характерны для зон влияния промышленных предприятий, старых районов застройки городов и вокруг накопителей отходов. Наиболее загрязненными почвами по *свинцу* являются города — Светлогорск (в 18,3 раз выше фоновых значений) и Брест (17,8); по *цинку* — Гродно (22,0), Речица и Орша (6,4); по *меди* — Могилев (32,0) и Орша (21,5); по *кадмию* — Светлогорск (12,6 раз). По суммарному загрязнению почв "лидируют": Минск, Гродно, Могилев, Бобруйск, Витебск, Речица, Кричев и др.

Радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии почвы подверглись в основном в Гомельской, Могилевской и Брестской областях. При этом загрязнение имеет неравномерный характер — в

пределах одного населенного пункта соседствуют "чистые" и сильно загрязненные участки. На загрязненных территориях расположено 27 городов и более 3600 населенных пунктов с населением 2 млн. человек.

Особой проблемой для сохранения природно-ресурсного потенциала Беларуси является преодоление последствий Чернобыльской катастрофы. В результате аварии на Чернобыльской АЭС 23% территории Беларуси с 3668 населенными пунктами оказались загрязненными радионуклидами (с плотностью загрязнения цезием¹³⁷ более 1 Ки/км²). Концентрация стронция⁹⁰ в низовьях реки Припять в настоящее время превышает ПДК и составляет 10-10 Ки/л. Радиоактивное загрязнение почвы определяют *цезием¹³⁷, стронций⁹⁰ и плутоний^{238, 239, 240, 241}*. Самая высокая плотность загрязнения *цезием¹³⁷*, за исключением зоны отселения, известна в Чериковском районе Могилевской области – 146 Ки/км². Радионуклидами всего загрязнено около 1685 тыс. гектаров.

Под солесвалы и шлаконакопители ПО "Беларуськалий" занято около 1,4 тыс. га. Глубина засоленных подземных вод под ними достигает 80-120 м. Общая площадь изменений природной среды под влиянием горных работ составляет 120-130 км².

Сохранение земель как основного средства сельскохозяйственного производства, ключевого средообразующего фактора является одной из наиболее злободневных и насущных проблем. Она включает реализацию широкого спектра мероприятий, стратегической целью которых должно быть достижение устойчивого развития аграрного природопользования на длительную перспективу.

Недра и минеральные ресурсы. На современном этапе геологической изученности в недрах Беларуси выявлено и разведано свыше 4000 месторождений минерального сырья, из них более 600 месторождений разведаны детально, половина из которых разрабатываются.

За счет разработки собственных месторождений минерального сырья республика полностью обеспечивает потребности страны в *калийных и каменных солях, известковом и цементном сырье, тугоплавких и керамических глинах, песках, строительных и песчано-гравийных материалах, строительном камне, пресных и минеральных подземных водах*. Выявлены запасы *нефти, попутного газа, торфа, бурого угля, горючих сланцев*, в недрах залегают минеральные рассолы, из которых можно получать *йод, бром, калий, магний* и другие редкие и рассеянные элементы. Во многих озерах Беларуси и под торфяными залежами выявлены и оценены отложения *сапропеля*, представляющего собой ценное органическое удобрение для сельского хозяйства, общие прогнозные запасы его определены в размере 3,6 млрд м³.

Обеспечен прирост в количестве $354 \text{ м}^3/\text{сут.}$ запасов в *минеральных водах* для санаторно-курортных учреждений страны и расширения сети разлива воды для населения. Разведаны дополнительные запасы пресных подземных вод в количестве $3312 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$, которые существенно улучшат обеспечение качественной питьевой водой городов Бобруйска, Мозыря, Витебска, Слонима, Жодино, Бреста, Орши, Коссово и Островца.

Кроме перечисленных полезных ископаемых, в той или иной степени уже изученных, выявлены прямые перспективы на месторождения: *диабазов* для производства штапельных волокон; *воластонита* для изготовления изоляторов, санитарно-технических изделий, наполнителей красок, графита; *пиррофиллита* для изготовления керамики, устойчивой в агрессивных химических средах; *глауконита* для изготовления стойких красителей; *титано-циркониевых* россыпей для получения ценных минералов различного назначения. Продолжены научно-исследовательские и геологоразведочные работы, направленные на поиск золота, алмазов, полиминеральных россыпей, янтаря и других полезных ископаемых.

В области охраны окружающей среды и рационального природопользования при ведении геологоразведочных работ и добыче минерально-сырьевых ресурсов приоритетными являются проблемы ликвидации негативного воздействия деятельности горнодобывающей промышленности на природную среду, применения более эффективных мероприятия по охране окружающей среды, восстановления природного потенциала нарушенных земель и возвращения их для хозяйственного использования. Проблема восстановления деградированных геосистем обусловлена разработкой месторождений строительных материалов и торфа, которая ведется открытым способом и приводит к нарушению земель на значительных площадях. При этом изменяется исходный рельеф, разрушается почвенный покров, изменяется режим и состав поверхностных и грунтовых вод.

В процессе разведки и эксплуатации месторождений нефти уже загрязнено в разной степени более 600 га земель.

ПО "Беларуськалий" – крупное промышленное предприятие РБ, источник поступления 20% валюты и основной загрязнитель окружающей среды. Обогащение и складирование на земной поверхности большого количества легкорастворимых отходов (галитовых хвостов, глинисто-солевых шламов) является причиной загрязнения почв и вод хлоридами и другими соединениями. Шахты, извлечения руды из недр вызывают деформацию и опускание земной поверхности, что приводит к повреждению строений, расположенных над шахтами, затоплению и заболачиванию земель. Землетрясения в районе Солигорска имели место в 1978, 1983, 1988 гг. силой до четырех

баллов по шкале Рихтера (по среднестатистическим данным не должны превышать пять баллов по шкале Рихтера). Негативное влияние сказывается на площади около 120-130 кв.км.

Доломитовый карьер ОАО "Доломит" в п. Руба Витебского р-на расположенный в 12 км к северо-востоку от Витебска - единственный в Республике Беларусь в месте выхода доломитов на поверхность. Доломитовый комбинат является крупнейшим в республике по объему добычи и переработки, а следовательно, по воздействию на окружающую среду.

Старый и новый карьеры занимают территорию в несколько сотен гектаров. К карьерам примыкают большие площади, занятые вскрышными породами, а также значительная территория окрестностей подвергается запылению доломитом, что способствовало формированию почв со щелочной реакцией. В Белорусском Поозерье характеризующемся преобладанием кислых почв, это уникальный случай. Часть отвалов из-за нехватки средств у комбината не подвергнута биологической рекультивации. Здесь идет процесс естественного почвообразования и формирования растительного и животного населения на известковых субстратах. Своеобразие сложившихся экологических условий нашло отражение в чрезвычайном биологическом разнообразии животного мира, в частности почвенной мезофауны.

72. На территории Беларуси сосредоточены значительные естественные богатства растительного и животного мира, которые как составная часть природных ресурсов играют важную роль в развитии ее производительных сил.

Растительный покров занимает 66,9% всей территории и представлен лесной (35,5%), луговой (15,8), болотной (11,5) и кустарниково-й (3,1%) растительностью.

Национальным богатством Беларуси и одним из основных ресурсов является лес. Он определяет качество жизни, а в глобальном масштабе — выживание. В середине XVIII века площадь лесов составляла более 74%. В настоящее время общая площадь лесов Беларуси составляет 34,5% ее территории. Основным лесофондодержателем является Министерство лесного хозяйства, часть принадлежит колхозам, совхозам, заповедникам и другим ведомствам. 34% всех лесов Беларуси относится к первой группе (зеленые зоны вокруг городов и населенных пунктов, запретные лесные полосы вдоль основных рек и водоемов, защитные — вдоль железных и шоссейных дорог, курортные и другие, где проводятся только специальные рубки (санитарные и др.); остальные (66%) — ко второй группе, в которой рубка ограничена размером годичного прироста древесины. Разделение лесов на группы с установлением в них различного режима

ведения хозяйства имеет большое значение для организации их рационального использования и охраны.

Лесистость в отдельных районах республики колеблется от 10 до 70%, что обусловлено неоднородностью естественноисторических условий и связано с хозяйственной деятельностью человека. В Гомельской области лесистость составляет 41,6%, Минской — 35,3, Могилевской — 32,4, Брестской — 33,1, Гродненской — 30,7, Витебской — 31,6%.

Наибольшее распространение имеют хвойные леса, на долю которых приходится половина всей лесопокрытой площади, наименьшее — широколиственные леса (3,8%). Хвойные леса представлены сосновыми (46,2%) и еловыми (4,2%) формациями. Широколиственные — дубовыми, ясеневыми, грабовыми, липовыми и кленовыми. Широколиственно-хвойные леса занимают 13,1% лесной площади. На долю мелколиственных коренных лесов на болотах приходится 9,4% лесных угодий и эта доля неуклонно растет.

В Беларуси широко распространены естественные сенокосы и пастбища. Луговые экосистемы за последние 40 лет сократились в два раза. Но и в настоящее время луга и болота по-прежнему служат важным источником получения грубых кормов для животноводства. Около 3 млн.га занимают луга в долинах больших и малых рек, на равнинах, склонах и травяные низинные болота, которые распределяются по категориям: пойменные луга (380 тыс. га), суходольные (900 тыс. га), низинные луга (более 1 млн. га), травяные болота (500 тыс. га). Таким образом, в республике преобладают заболоченные луга. Однако в связи с осуществлением проекта осушения и освоения земель в результате спрямления рек и освоения осушенных пойменных болот произойдет деградация их естественной растительности и трансформация сенокосных и пастбищных угодий в сельскохозяйственные. Это значительно сократит площади лугов и травяных болот за счет освоения пойменных и примыкающих к ним заболоченных земель. Пойменные луга крупных и малых рек должны быть сохранены в естественном состоянии, так как наряду с огромным почвозащитным и водорегулирующим значением злаковые, осоково-злаковые и злаково-осоковые луга характеризуются высокой продуктивностью и ценными кормовыми качествами.

Особая роль в формировании ландшафтного и биологического разнообразия Беларуси принадлежит сохранившимся болотным экосистемам. В естественном состоянии осталось 2,3 млн.га, среди которых 1,7 млн.га — торфяные болота, что составляет 56,7% от их исходной площади. Болота играют важную роль в сохранении популяций многих видов растений и животных, а также обеспечивают необходимые условия для мигрирующих (перелетных) птиц.

Очень разнообразны водные экосистемы Беларуси. Около 60% озер имеют ледниковое происхождение, 40% - пойменное (в основном старичные озера р. Припяти и Днепра). Наиболее крупные озера с площадью более 20 км² — это Нарочь, Освейское, Червоное, Люкомльское, Дривяты. Наиболее крупные реки — Неман, Западная Двина, Днепр, Припять, Сож, Березина. Долинные комплексы сформированы в разное время, характеризуются широким спектром ландшафтов — от узких, глубоко врезанных, с невыработанными руслами и многочисленными порогами рек северной части, до широких, с хорошо выраженными террасами и поймами, обилием протоки стариц южных. В сохранении уникальных растительных сообществ, редких видов флоры и фауны наиболее значима роль сильно обводненных широких пойм.

Показателем биологического разнообразия является видовой состав. Естественная флора Беларуси насчитывает 1638 видов сосудистых растений, из которых 646 являются антропофитами. На территории Беларуси зарегистрировано 430 видов мхов, 477 лишайников, свыше 2200 видов водорослей.

На территории Беларуси находят подходящие местообитания представители нескольких флористических комплексов. Основу флоры Беларуси составляют бореальные и неморальные виды, характерные для подзоны хвойно-широколиственных лесов. Значительная доля во флоре республики принадлежит субарктическому и тундровому элементу. Уникально болото Ельня в Миорском районе, где произрастают береза карликовая, морошка и шикша. Распространение бореальных видов багульника болотного, шейхцерии болотной, голубики, клюквы болотной и др. часто ограничивается болотами, расположенными в котловинах, для которых характерны весенние и осенние заморозки и вообще, относительно позднее начало и раннее окончание вегетационного периода.

В последнее время в связи с антропогенным прессом и изменением климата увеличивается количество видов степного и пустынного флористических элементов. Неумолимо растет число синантропных видов.

Богат и разнообразен мир грибов. На территории республики насчитывается около 1700 видов. Наибольшее хозяйственное значение имеют: белый гриб, подосиновик, подберезовик обыкновенный, моховик желто-бурый, масленок поздний, лисичка обыкновенная, груздь настоящий, волнушки. По величине биологических запасов выделяется опенок настоящий — 129,6 тыс. кг. В последние годы существенно выросли объемы заготовки лисички с целью экспорта за рубеж (более 17 тыс. кг), что отрицательно сказывается на биологических запасах этого вида грибов, которые сейчас оцениваются в 26,6 тыс. кг.

Благодаря географическому положению, климатическим условиям и наличию на территории крупных лесных массивов, республика располагает значительными животными ресурсами. Животный мир включает 457 видов позвоночных (в том числе 305 видов птиц, 74 вида млекопитающих, 59 видов рыб, 12 видов земноводных, 7 видов пресмыкающихся, 13 амфибий, 59 видов рыб) и более 20 тыс. видов беспозвоночных. Уникальным видом позвоночных является Беловежский зубр, численность которого около 500 особей. В лесах северной части республики обитает не менее 100 медведей, в отличие от большей части Европы, где волк полностью истреблен, в Беларуси насчитывается более 1000 особей. Экосистемы малых рек Беларуси являются последним прибежищем исчезающего вида мировой фауны — норки европейской. В обширных заболоченных поймах Припяти и ее притоков, а также на крупных болотных массивах находятся основные места размножения находящихся под угрозой исчезновения в Европе черного аиста (15% европейской популяции гнездится в Беларуси), малого подорлика (45%), вертячий камышевки (57%) и др.

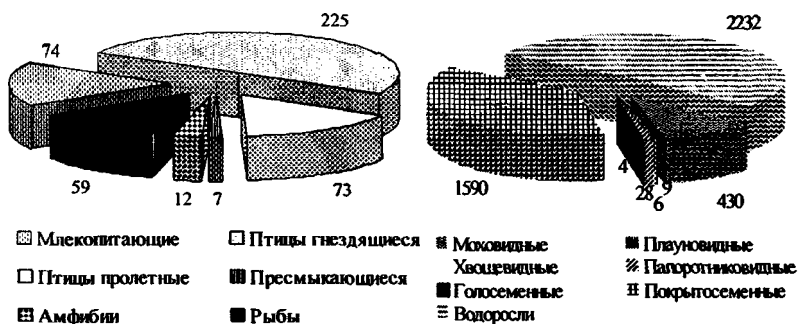


Рис.7.1. Биологическое разнообразие фауны и флоры Беларуси.

Наибольшее ресурсное значение для республики имеют охотничьи и промысловые животные. К ним относятся 22 вида млекопитающих, 31 вид птиц, 27 видов промысловых рыб, 1 вид рептилий, из беспозвоночных — виноградная улитка, личинки хирономид (мотыль). Особенно ценными видами являются лось, кабан, олень, косяк, выдра, бобр, глухарь, добыча которых, проводится по разовым разрешениям. Среди птиц — группа водоплавающих (кряква, чирок, красноголовая черныш и др.) и боровой дичи (глухарь, тетерев, рябчик).

Определяющее воздействие на биоразнообразие в настоящее время оказывают антропогенные факторы в их совокупности — сельскохозяйственное производство, лесозаготовка, промышленность, транспорт, городское и сельское строительство. осушительная мелиорация, браконьерство и рекреационная деятельность и др.

Животные, обитающие на загрязненных радионуклидами территориях, подвергаются не только облучению, но и другим факторам воздействия. На территориях, изъятых из обращения, благодаря резкому снижению антропогенного пресса, активно идут процессы реформирования фаунистических комплексов. Отмечен значительный рост охотничье-промысловых млекопитающих, увеличивается численность видов, имеющих эпидемиологическое и эпизоотическое значение. Одновременно снижена численность синантропных животных.

Основными факторами снижения численности диких животных до 1996 г. (кабана, лося, оленя, бобра и некоторых других) являлись массовое браконьерство, сильный пресс волка и уменьшение объема биотехнических мероприятий. Начиная с 1997 года, отмечается стабилизация и некоторый рост численности основных охотничьих видов.

В течение последних десятилетий в структуре рыбного населения водоемов Беларуси наметились негативные тенденции — выпадение из ихтиоценозов отдельных видов рыб, снижение численности и биомассы ценных видов, сокращение их ареалов под влиянием антропогенных факторов. Вылов рыбы по сравнению с 1990 г сократился в 1,9 раза.

Наиболее актуальная задача современного этапа — ввести сохранение и рациональное использование биологического и ландшафтного разнообразия в качестве элемента в экологическом и политическом планировании. Для решения всех экологических проблем потребуются огромные финансовые средства и многие годы. В настоящее время необходимо имеющиеся средства направить на самые эффективные с экологической точки зрения мероприятия, для чего следует провести их ранжирование. Кроме того, помочь природе может каждый, не забирая у нее больше, чем ему требуется для существования и не загрязняя колодец, из которого мы пьем.

7.3. Многие виды в составе местной флоры перспективны в хозяйственном использовании и составляют важную часть природных ресурсов. Наибольшее значение имеют лекарственные, эфиромасличные, пищевые (ягодные, плодовые, орехоплодные, медоносные и др.), технические (красильные, гуттаперчевые, смолоносные, волокнистые), декоративные и кормовые растения. Полезными свойствами обладают более 500 видов, общий биологический

запас которых оценивается приблизительно в миллион тонн, однако используется всего лишь 5-8% этого количества.

Из группы пищевых растений существенное значение имеют дикорастущие плодово-ягодные. Они в значительных количествах заготавливаются в Беларуси и используются в пищевой промышленности и для местных нужд. Особое место занимают черника, брусника, малина, клюква, земляника лесная, запасы плодов (ягод) которых исчисляются сотнями тонн. В меньших объемах заготавливаются голубика, ежевика, смородина черная, рябина обыкновенная, калина и др. Из дикорастущих орехоплодных широко и повсеместно распространена лещина обыкновенная. В ликеро-водочной промышленности в последние годы широко используются многие эфиромасличные растения: мята полевая, мята водяная, чабрец, душица обыкновенная, кадило мелиссолистное, зубровка душистая и др. Урожайность и промышленные запасы плодов и ягод пищевых растений зависят главным образом от особенностей климатических условий.

Группа технических дикорастущих растений наиболее значительна. В качестве эфиромасличных, помимо указанных выше, перспективны айр обыкновенный, тмин обыкновенный, полынь горькая, багульник болотный, ромашка аптечная и др. Большое число видов (свыше 200) в составе флоры Беларуси относится к жиромасличным растениям. Из них наиболее пригодны для первичного использования в культуре бегония черная, резуха шершавая, дурман вонючий, эльсгольция Патрена, ослинник двулетний, дурнишник (обыкновенный и колючий), капуста полевая, гулявники (высокий и Лезеля), чернокорень лекарственный, шандра обыкновенная, таволга вязолистная, кардория крупная, лопухи (малый, паутинистый, большой), шалфей луговой. В качестве технических растений используются в народном хозяйстве и другие виды, однако, перечень их ограничивается в основном, древесными растениями. Вместе с тем, для целлюлозно-бумажной промышленности перспективны широко распространенные высокопродуктивные травянистые растения: тростник южный, камыш озерный, манник большой, манник напыляющий, пушица многоколосковая, пушица влагишная, канареечник тростникувидный и др.

В дубильно-экстрактовом производстве применяется сырье из дуба обыкновенного, ели обыкновенной, многих видов ив, а также некоторые травянистые растения: кипрей узколистный, гравилат речной, щавель прибрежный, дербенник иволистный.

В качестве естественных красителей могут быть рекомендованы дроп красильный, дроп германский, пупавка красильная, василек синий, крапива двудомная и др.

Белорусская флора также богата видами, обладающими ценными декоративными свойствами. К ним относятся известные виды семейства

орхиднѣк (башмачок настѡящій и башмачок большѡй), ирис сибирскій и ирис блѣднѡй, адонис весенний, горечавки — из травянистых; бересклет европейскій и бородавчатѡй, бузина красная, волчник — из кустарников. Очень декоративна и достаточно вынослива к городским условиям пихта белая.

Ди корастущие лекарственные растения используются как сырье для производства лечебных препаратов. Несмотря на достижения химии, лечебные препараты из растений применяются все шире. В мировой медицине их доля оценивается в 30% всех лекарственных средств. При ряде заболеваний растительные лечебные препараты незаменимы. Лекарственные растения на территории Белоруссии встречаются в значительном количестве. Как по числу видов, так и по запасам они составляют пятую часть (около 300 видов) флоры. Более половины из них используются в научной медицине, остальные — применяются в народной.

Ресурсы лекарственного сырья занимают особое положение. Они весьма разнообразны и включают в себя травянистые растения, корневища и корни, почки, листья, ягоды, плоды некоторых древесно-кустарниковых пород. В последние годы заготовкам этого сырья уделяется большое внимание. Они осуществляются как для получения экстрактов и медпрепаратов, так и для прямого применения в различных видах.

По данным по данным Главного аптечного управления Минздрава Республики Беларусь, на территории страны более 200 видов диорастущих видов растений может быть использовано для заготовки как лекарственное сырье, причем около 70% из них произрастает в лесах. Практически же в централизованном порядке заготавливается фитомасса лишь 65 растений, в народной медицине используется гораздо больше видов. Среди них плаун булавовидный, плаун годичный, плаун сплюснутый, сосна обыкновенная, можжевельник обыкновенный, аир обыкновенный, ландыш майский, тополь черный, березы (повислая и пушистая), ольха черная (клеякая), дуб обыкновенный, крапива двудомная, горец змеиный, смородина черная, рябина обыкновенная, боярышник отогнуточашелистиковый, малина, черемуха обыкновенная, крушина ломкая, жостер слабительный, липа мелколистая, зверобой продырявленный, фиалка трехцветная, толокняка обыкновенная, черника, брусника, вахта трехлистная, пустырник пятилопастный, чабрец обыкновенный, душица обыкновенная, подорожники (большой, средний, ланцетолистный), бузина черная, валериана лекарственная, сушеница топяная, тмин песчаный, череда трехраздельная, тысячелистник обыкновенный, ромашка аптечная, пижма обыкновенная, полынь горькая, мать-и-мачеха обыкновенная, василек синий и др.

Лекарственные растения произрастают в лесах, на низинных лугах и в кустарниковых зарослях, в поймах рек, а также в различных синантропных (освоенных человеком) местообитаниях.

В соновых лесах насчитывается около 30 видов заготавливаемых лекарственных растений (багульник, бессмертник, брусника, зверобой, ландыш, можжевельник, лапчатка, плауны, толокнянка, черника и др.), в широколиственно-хвойных лесах — 27 (бересклет бородавчатый, жостер слабительный, крушина ломкая, папоротник мужской, черемуха и др.), в широколиственных — 33 (крапива, черника, ландыш и др.), в мелколиственных (осинниках, березняках, сероошаниках) — 21 (ивы, зверобой, хвощи, плауны и др.), в черноошаниках — 14 видов (валериана, вахта, крапива, крушина, смородина, малина и др.). На суходольных лугах растут зверобой, золототысячник зонтичный, лапчатка, пижма обыкновенная, подорожники, тысячелистник и другие (всего 21 вид); на низинных лугах и болотах — аир, вахта, водяной перец, кровохлебка лекарственная, горец змеиный, череда, ятрышники; в водоемах — кувшинки, кубышка желтая и другие (всего 23 вида). В зарослях кустарников на водоразделах произрастают душица, жостер, одуванчик лекарственный, черемуха и другие (всего 12 видов).

Перспективны для заготовки лекарственных растений синантропные местообитания, площадь которых постоянно увеличивается за счет освоения естественных угодий. В основном это сельскохозяйственные поля, на которых встречаются как сорняки 26 видов лекарственных растений (горец почечуйный, мята полевая, пастушья сумка, горец птичий, сушеница топяная, фиалка трехцветная, хвощ полевой и др.), а также осушенные и освоенные торфяно-болотные земли, на которых произрастают 10 видов лекарственных растений (валериана, желтушник левкойный, подорожники, чистотел большой и др.). Особенно богаты лекарственными растениями рудеральные местообитания, где встречаются свыше 30 видов (пустырник, крапива, донник лекарственный, зверобой, полынь, тысячелистник и др.).

Общий среднегодовой объем заготовок этого сырья за 45 лет составил 1,4 тыс. т (в воздушно-сухой массе). В отдельные годы он достигал 3,2 тыс. т. Неорганизованными заготовителями для целей народной медицины заготавливается (по экспертным оценкам) до 2,5...2,7 тыс. т сырья в год.

В значительных объемах заготавливается сырье пряно-ароматических растений (около 0,6...0,8 тыс. т). Во флоре республики таких растений около 40 видов, большинство из которых являются также ценными лекарственными растениями.

Установлено, что в оптимальных условиях при соблюдении режима воспроизводства и охраны с 1 га лесных угодий в среднем ежегодно можно заготовить:

зверобоя — 50,6 ц/га,
цмина песчаного — 33,3,
толокнянки — 16,8,
пустырника — 21,5,
ландыша — 6,6,
череды — 78,9,

жир — 123,5,
мяты — 24,2,
багульника — 86,5
валерианы — 25,2,
ликоподия — 6,6 кг

Общие заготовки лекарственного сырья в республике составляют в среднем около 5 тыс.т в год. Следует еще раз подчеркнуть, что эти заготовки должны лимитироваться и осуществляться только в организованном порядке и по специальным лицензиям. При этом необходимо помнить, что ряд лекарственных растений являются редкими для флоры республики и подлежат охране.

Лекция 8

МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЛАРУСИ

8.1. Экологические проблемы крупных городов Беларуси. Город как искусственная среда обитания человека. Уровни загрязнения воздушной среды, почвы, воды в городах Беларуси. Физическое загрязнение городской среды. Основные источники загрязнения в городах. Утилизация городских отходов. Современное экологическое состояние городов в Беларуси.

8.2. Последствия Чернобыльской катастрофы. Медико-экологические проблемы Беларуси, связанные с радиоактивным загрязнением.

8.3. Влияние различных типов загрязнения на здоровье населения РБ. Пути решения экологических проблем городов.

8.1. В результате деятельности человека создается новая «искусственная» среда обитания, отличающаяся от среды эры зарождения человека. При попытке переделки природы для достижения определенных производственных или иных целей обычно имеют в виду только поставленную задачу. Всеобщая же связь явлений ведет к тому, что каждое достигнутое в природе изменение влечет за собой и непредвиденные последствия. Изменяется режим взаимоотношений отдельных элементов природы и общества. Создаются новые вещества. Растительный, животный мир и человек оказываются эволюционно неподготовленными к новому «синтетическому» окружению. Нарушаются их адаптационные приспособительные механизмы. Возникают болезни,

являющиеся реакцией на действие новых неблагоприятных факторов, к которым принадлежат и факторы окружающей среды.

В современном мире средоточием цивилизации и технического прогресса являются города. За комфортное существование в городе мы расплачиваемся общей депрессией и деградацией среды обитания в планетарном масштабе. Города, особенно крупные промышленные центры, стали источниками повышенного экологического риска по отношению к биосфере.

На территории республики Беларусь основная масса трудоспособного населения (около 70%) проживает в городах, которые, в большинстве, являются также и крупными промышленными центрами, т.е. интегральными источниками промышленного загрязнения биосферы.

На протяжении ряда лет основной проблемой для городов республики является загрязнение атмосферного воздуха, что выступает наиболее значимым из экологических факторов, определяющих состояние здоровья людей в общенациональном масштабе. Наиболее значительными источниками загрязнения воздушного бассейна городов являются предприятия химической промышленности. Так, заводы искусственного волокна загрязняют атмосферный воздух сероводородом и сероуглеродом, химические комбинаты — окисью углерода, фенолом, аммиаком, углеводородами, ксилолом, бензолом, сернистым ангидридом и другими веществами. По данным Минстата Республики Беларусь выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников за последние пять лет сократились на 26%. Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят передвижные источники.

Госкомгидрометом Республики Беларусь совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также Минздравом ведется мониторинг состояния атмосферного воздуха в 16 промышленных городах республики, включая областные центры, а также города Орша, Полоцк, Новополоцк, Бобруйск, Речица, Пинск, Светлогорск, Мозырь, Новогрудок и Солигорск. В них действуют 50 стационарных станций, на которых 3 - 4 раза в сутки регистрируется содержание в воздухе 26 вредных веществ. Основным объемом наблюдений относится к веществам, имеющим повсеместное распространение (пыль, диоксид серы, оксид углерода, оксид и диоксид азота). В большинстве городов республики проводится также контроль специфических вредных веществ, которые присутствуют в выбросах градообразующих предприятий. Практически во всех промышленных центрах определяется содержание в воздухе формальдегида.

Кроме того, Центрами гигиены и эпидемиологии Минздрава Республики Беларусь осуществляется наблюдение за загрязнением атмосферного воздуха в зоне действия промышленных предприятий, ав-

Таблица 8.1

**Характеристика загрязнения атмосферного
воздуха городов РБ (на 1.01.04 г.)**

Город	ИЗА	Основные загрязняющие в-ва	Отрасли промышленности
Бобруйск	4,8	Формальдегид, фенол, оксид углерода, взвешенные в-ва, диоксид азота	Автотранспорт, нефте-химическая, теплоэнергетика, с/х машиностроение
Брест	5,8	Формальдегид, оксид углерода взвешенные в-ва, оксид азота, диоксид азота	Автотранспорт, теплоэнергетика, с/х машиностроение
Витебск	5,7	Формальдегид, взвешенные вещества, аммиак, оксид углерода, фенол	Автотранспорт, лесная, теплоэнергетика, пр-во стройматериалов
Гомель	6,9	Формальдегид, фенол, аммиак, диоксид азота, оксид углерода	Автотранспорт, теплоэнергетика, лесная, пр-во мин. удобрений
Гродно	4,2	Формальдегид, аммиак, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота	Автотранспорт, пр-во минеральных удобрений, стройматериалов, теплоэнергетика
Минск	3,3	Формальдегид, аммиак, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота	Автотранспорт, с/х машиностроение, теплоэнергетика, строительных материалов
Могилёв	4,7	Формальдегид, аммиак, сероуглерод, фенол, оксид азота	Автотранспорт, химическая, чёрная металлургия, теплоэнергетика
Мозырь	7,2	Формальдегид, взвешенные в-ва, оксид углерода, диоксиды азота и серы	Автотранспорт, стройматериалов, лесная, теплоэнергетика
Новополоцк	5,2	Формальдегид, взвешенные вещества, аммиак, оксид углерода, диоксид азота	Автотранспорт, нефтехимическая, теплоэнергетика
Орша	5,8	Формальдегид, оксид углерода, взвешенные в-ва, диоксид азота	Автотранспорт, теплоэнергетика, машиностроение
Пинск	4,3	Формальдегид, взвешенные в-ва, оксид углерода, диоксиды азота и серы	Автотранспорт, теплоэнергетика, станкостроение
Полоцк	4,9	Формальдегид, взвешенные в-ва, аммиак, оксиды углерода и азота	Автотранспорт, химическая, теплоэнергетика
Светлогорск	6,0	Формальдегид, взвешенные в-ва, оксид углерода, диоксиды азота и серы	Автотранспорт, лесная, химическая, теплоэнергетика

то магистралей и внутри жилых кварталов.

Для интегральной оценки загрязнения атмосферного воздуха в городах используются так называемые «индексы загрязнения атмосферы» (ИЗА), значения, которых для ряда городов республики приведены в таблице 8.1.

По существующим методам оценки уровень загрязнения воздуха считается низким, если значение ИЗА менее 5, повышенным – при ИЗА от 5 до 6, высоким – при ИЗА от 7 до 10-13 и очень высоким, когда ИЗА равен или более 14.

В половине контролируемых городов Беларуси загрязненность атмосферы определяют повышенные концентрации *формальдегида и взвешенных веществ*. По данным регулярных наблюдений среднегодовые концентрации взвешенных веществ, фенола и формальдегида в городах снизились на 24 - 37 %. Основной вклад в загрязнение воздуха формальдегидом вносят передвижные источники. В 9 из 14 концентрации формальдегида превысили стандарт качества в 1,5 - 2 раза, а в Бресте, Гродно и Речице составили 2,6 - 3,4 ПДК. Для подавляющего большинства промышленных центров доля формальдегида в суммарном индексе загрязнения атмосферы составляет от 51 до 80%. За последние пять лет уменьшилась запыленность воздуха большинства промышленных центров республики (исключение Светлогорски Солигорск).

Табл. 8.2

Критерии качества воздуха,
рекомендованные ВОЗ (WHO - AQGs),
и величины ПДК для некоторых веществ, мкг/м³

Вещество	Стандарт ВОЗ	ПДК, Беларусь
	1 год	ср. суточн.
Азота диоксид	40	100
Бенз(а)пирен	0,001	0,001
Бензол	25	100
Свинец	0,5	0,3
Серы диоксид	50	200
Сумма взвешенных веществ (пыль)	90	150
Углерода оксид, мг/м ³	0,1	3

Загрязнение воздушного бассейна *диоксидом серы* сохраняется невысоким. Средние концентрации в городах – ниже национальных и международных стандартов.

В промышленных центрах республики средняя концентрация *оксида углерода* почти в 1,5 - 2 раза ниже, чем в крупных городах Западной Европы. Рост содержания *оксида углерода* напрямую связан с увеличением интенсивности автомобильного движения.

В городах среднегодовые концентрации *диоксида серы* снизились на 57%. В то же время отмечается рост содержания в атмосферном воздухе *сероокиси азота* - до 25%.

Индекс загрязнения, рассчитанный по пяти наиболее распространенным загрязняющим веществам: пыли, диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду азота и формальдегиду, уменьшился с 1996 почти наполовину. Уменьшилось число случаев с концентрациями выше 5 ПДК. В то же время повышенные уровни загрязнения воздуха регулярно отмечались в Могилеве, эпизодически - в Минске, Полоцке и Новополоцке. Впервые за многие годы наблюдений в Орше зафиксирован случай с концентрацией *оксида углерода* в 7 раз выше стандарта качества, а в Могилеве два случая высокого загрязнения воздуха формальдегидом. В результате этого, около 2,4 млн. городского населения республики могут при определенных метеорологических условиях находиться под воздействием концентрации вредных веществ в 5 - 7 раз превышающих ПДК, а 370 тыс. человек периодически испытывают влияние высоких концентраций загрязняющих воздух веществ.

Города республики являются мощными потребителями природных вод и загрязнителями гидросферы республики сточными водами. Основными отраслевыми потребителями воды в республике по-прежнему являются жилищно-коммунальное хозяйство и бытовое обслуживание. На областные города и г. Минск приходится более трети всей израсходованной в республике воды. В крупных городах природная вода используется, в основном, на хозяйственно-питьевое водоснабжение, относительная величина которого изменяется от 52% (г. Могилев) до 81% (г. Минск).

Нарушения требований ГОСТа на *питьевую воду* чаще всего отмечаются по физическим показателям, таким как мутность (водозаборы городов Минск, Слуцк, Солигорск, Витебск, Орша, Слоним, Гродно, Новогрудок, Брест, Кобрин, Барановичи, Гомель, Мозырь, Жлобин, Калинковичи, Могилев) и цветность (водозаборы городов Витебск, Орша, Слуцк, Борисов, Новогрудок, Гомель, Жлобин, Брест, Кобрин, Мозырь, Калинковичи). В городах Брест, Барановичи, Кобрин, Витебск, Калинковичи, Речица, Гродно, Новогрудок, Минск по отдельным водозаборным скважинам, расположенным на застроенной жилой территории и в зонах промпредприятий, наблюдается стойкий рост содержания нитратного и аммонийного азота, а также марганца. В ряде городских водозаборов на территории республики отмечается превышение ПДК по бору, алюминию, барию и другим элементам.

Наиболее значительное количество *стоков* образуется, главным образом, за счет промышленно-хозяйственных комплексов областных центров. Самым мощным источником химического загрязнения природных водных объектов в сточными водами является г. Минск. Объем его хозяйственно-бытовых *стоков* больше *стоков* во всех областных центрах в 4 - 6 раз.

Несовершенство очистных сооружений, их отсутствие, неэффективность их работы и недостаточность их мощностей в большинстве городов республики способствуют поступлению в водные объекты так называемых «очищенных сточных вод», остаточные концентрации загрязняющих веществ в которых нередко превышают нормативные показатели. Главным поставщиком загрязняющих веществ в водные объекты выступает жилищно-коммунальное хозяйство, на долю которого приходится 71% фосфатов и 94% нитритного азота. Роль промышленности значительна в формировании химических нагрузок по таким веществам как молибден, фенолы, фтор и тяжелые металлы.

Следует сказать также, что повышение содержания химических веществ в природной воде не всегда обусловлено хозяйственной деятельностью, а зачастую вызвано поднятием к водозаборам минерализованных вод из нижележащих водоносных горизонтов по тектоническим нарушениям, что определяется спецификой гидрогеологической обстановки данной территории.

В 36 наиболее крупных городах Беларуси проводится мониторинг загрязнения *почвенного покрова*. При этом с 1989 г. один раз в пять лет, определяется содержание в почвах тяжелых металлов (кадмия, цинка, свинца, меди, никеля и марганца) и легкоподвижных компонентов — сульфатов, нитратов и фтора. Для оценки уровня и опасности загрязнения почв, полученные концентрации веществ сопоставляются с фоновыми и предельно-допустимыми. В качестве фоновых используются средние данные содержания химических веществ в почвах Березинского биосферного заповедника и национального парка «Беловежская Пуща».

Содержание загрязняющих веществ в почвах городов республики колеблется в широких пределах. Наиболее высокие концентрации отмечаются, как правило, в старообжитых районах городов, зонах влияния промышленных предприятий и в местах скопления отходов.

Максимальное содержание свинца зафиксировано в почве г.Солигорска — в 18,3 раза выше фонового, в Бресте превышение над фоном составило 17,8 раз. Максимальное превышение над фоном по цинку отмечалось в г.Гродно — в 22 раза, гг. Речице и Орша — в 6,4 раза. Наибольшее превышение содержания меди над фоном установлено в Могилеве и Орше — соответственно в 32 и 21,5 раза. Максимальное содержание кадмия обнаружено в почвах Солигорска — в 12,6 раза выше

фонового. По никелю наибольшие превышения над фоном отмечены в г. Бресте – 7,3 раза.

Сопоставление имеющихся данных по содержанию загрязняющих веществ в почвах городов с установленными санитарно-гигиеническими нормами позволяет сделать вывод о том, что в городах республики почва уже загрязнена до опасного уровня.

Любое загрязнение почв опасно само по себе, но может способствовать также и вторичному загрязнению атмосферы, гидросферы, накоплению токсичных ингредиентов в растениях и животных.

Именно в городах наиболее выражено физическое загрязнение среды.

Таблица 8.3

Сравнительная характеристика физических полей городов
(по Коффу, 1990)

Вид поля	Интенсивность		
	единицы измерения	естественное	техногенное
Вибрационное (динамическое)	Вт/м ²	отсутствует	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴
Тепловое	Вт/м ²	10 ⁻² - 10 ⁻¹	более 1
Электрическое (плотность)	А/м ²	менее 10 ⁻³	до 10

Одной из серьезных задач современного большого города является возрастание из года в год шума: уличного, производственного, бытового. В крупных городах шумовой фон, в основном транспортный, за последнее десятилетие увеличился более чем в два раза. Во многих городах уровень шума уже превышает допустимые пределы.

Основной источник *вибрационного загрязнения* – рельсовый транспорт (трамвай, метро, железная дорога). В большей части жилых зданий, расположенных вдоль линий Минского метрополитена, уровни вибрации в несколько раз превышают допустимые значения. Аналогичная картина наблюдается и вдоль трамвайных путей, как правило, на расстоянии до 40 м от них уровни шума и вибрации превышают допустимые в 1,5-2 раза. Железнодорожный транспорт является источником повышенного шума и вибрации в зданиях, расположенных на расстоянии до 50 м по обе стороны от железнодорожного полотна.

В городах всегда меньше солнца, но выше *температура*, чем в прилегающей сельской местности ("острова тепла"). Источники этого повышения температуры: отопление, промышленность, транспорт выбрасывают теплый воздух, городские многоэтажные здания отражают солнечные лучи в основном к поверхности земли, а в сельской местности – горизонтальная поверхность отражает в атмосферу; материалы, из которых сделаны дома (камень, бетон) в большей степени, чем растительность, поглощают солнечную радиацию и аккумулируют тепло. Создается купол теплого воздуха, который разрушается лишь при усилении ветра или при выпадении осадков, что ведет к изменению мезоклимата.

За последние годы в городах число разнообразных источников электромагнитных полей (ЭМП) резко увеличивается. Это радиотелефоны, радары ГАИ, микроволновые печи, компьютеры и т.д. Обычный уровень низкочастотного электромагнитного поля крупного промышленного города соответствует ситуации природной «магнитной бури». Наиболее чувствительные системы организма человека к ЭМП – нервная, иммунная, эндокринная и половая. Для защиты населения в условиях города устанавливается зона защиты строгого режима и ограниченного пользования (СЗЗ) по обе стороны от линии электропередач (таблица 8.4).

Таблица 8.4

Размеры СЗЗ в зависимости от напряжения в сети ЛЭП

Напряжение в сети	Расстояние
330 кВ	20 м
500 кВ	30 м
750 кВ	40 м
1150 кВ	55 м

Источники радиоволнового излучения мощностью более 100 кВт размещаются за пределами населенных пунктов. Если располагаются в черте города, то обязательно создание СЗЗ.

Одной из серьезнейших проблем городских территорий является образование и последующая утилизация или ликвидация *отходов производства и потребления*. Для обеспечения жизнедеятельности города ежедневно в него поступает огромный поток вещества, который порождает равноценный отток энергетических и вещественных отходов в виде тепла, бытового и промышленного мусора и т.д. Наибольшую долю в этом потоке составляют твердые бытовые отходы (ТБО). Норма накопления ТБО в современном городе составляет 250 - 700 кг/чел в год, в Минске эта цифра достигает 300 кг/чел. В развитых странах

накопление ТБО возрастает на 4 - 6% ежегодно, что втрое превышает темпы роста населения.

Табл. 8 5

Средний состав отходов промышленного центра (больше 1 млн. чел.)

Вид отходов	%, ср
Пищевые отходы	19,6
Стекло	10,1
Металл	9,9
Бумага	50,6
Пластмассы	1,62
Кожа, резина	1,68
Пластмассы, кожа и резина	3,3
Текстиль	3
Дерево	3,5

ТБО представляют огромную опасность, так как мусорные массы содержат различные штаммы патогенных микроорганизмов, которые быстро развиваются в богатой органическим веществом среде бытовых отходов. Эти микроорганизмы могут стать причиной массовых тяжелых заболеваний. В ТБО всегда присутствует значительное количество токсичных веществ, много тяжелых металлов. Это создает в случае большого скопления ТБО реальную угрозу здоровью населения. Поэтому обезвреживание и утилизация ТБО является одной из важнейших экологических проблем любого населенного пункта.

Минск – крупный промышленный центр, в котором развиты и представлены такие отрасли промышленности, как машино- и приборостроение, металло- и деревообработка, производство строительных материалов и конструкций, легкая, пищевая, химическая и др. Город дает около 25% промышленной продукции в республике. В столице сосредоточен выпуск всех производимых в Беларуси тракторов, велосипедов, холодильников, радиоприемников и наручных часов, значительной части грузовых автомобилей, станков и автоматических линий, электронно-вычислительной техники, приборов и других видов промышленной продукции.

В производственный комплекс Минска входят все виды транспорта: воздушный, железнодорожный, легковой и грузовой авто транспорт. Уровни шума на основных магистралях составляют 53 - 83 дБА, на улицах местного значения – 54 - 67 дБА, что в несколько раз превышает допустимый.

В Минске, как в любом другом промышленном центре такого масштаба, антропогенному загрязнению подвергаются все уровни

биосферы, создавая в достаточно территориально ограниченном пространстве города мощный интегральный источник загрязнения среды обитания, распространяющий свое влияние на большие расстояния.

Сравнение данных о концентрациях примесей с принятыми стандартами качества воздуха показывает, что в Минске содержание взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, оксидов азота ниже ПДК. Для воздушного бассейна города характерно загрязнение воздуха не столько перечисленными выше «классическими», сколько специфическими веществами. Вклад аммиака и формальдегида в суммарный индекс загрязнения достигает 75%. Содержание в воздухе диоксида азота и аммиака соответствует принятым стандартам качества, но выше, чем в Гомеле, Витебске, Гродно. Уровень загрязнения формальдегидом — 2 ПДК. Больше всего загрязнен воздух в Партизанском, Московском и Фрунзенском районах (ИЗА 3,5 - 4,1). В большей части города ИЗА составляет 1,8 - 3,1.

Обширная зона повышенного загрязнения охватывает не только центральную часть города и Партизанский район, но и распространяется от центра в западном направлении. Обстановка экологической нестабильности характерна для Фрунзенского и Московского районов. Здесь систематически фиксируют повышенное содержание в воздухе специфических вредных веществ (в отдельные периоды разовые концентрации аммиака и формальдегида достигают 5 - 7 ПДК). Заметное снижение загрязненности воздуха отмечено лишь на северо-западной и юго-западной окраинах города.

Данные эпизодических наблюдений Минского городского ЦГиЭ показали повышенную загрязненность воздуха формальдегидом и оксидом углерода вблизи автомагистралей с интенсивным движением транспорта. Основные места загрязнения располагаются вдоль автомагистралей в тех точках, где по условиям дорожного движения меняется режим работы двигателей — у светофоров, остановок, перекрестков, поворотов.

Территория Минска внутренне неоднородна. Неоднородна и экологическая ситуация, создаваемая различными источниками загрязнения в промышленных зонах, жилых кварталах, транспортных коридорах и т.д. Пространственное распределение загрязнения в городе зависит от целого ряда причин: степени концентрации промышленности, географических и микроклиматических условий.

В Минске зона повышенного загрязнения воздушного бассейна формируется в юго-восточной и центральной частях города и обусловлена:

- мощным промышленным потенциалом, характерным для этих районов (тракторный и автомобильный заводы, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и др.);
- преобладанием ветров в западной четверти (повторяемость составляет 46%), обуславливающих перенос загрязняющих веществ со всей территории города;
- большой интенсивностью движения транспорта;
- особенностями орографии (общий наклон местности к юго-востоку, приводящий к стоку атмосферных загрязнений других районов);
- систематическим возникновением «острова тепла» в центре, приводящим к термическому подосу и стоку загрязняющих веществ.

Таким образом, экологическая ситуация в городе представляется достаточно серьезной,

В г. Витебске отмечено снижение объемов выбросов от стационарных источников основных загрязняющих веществ, однако при этом уровень загрязнения атмосферного воздуха, оцениваемый по индексу загрязнения атмосферы, определяется как повышенный.

Особо следует отметить район авто- и железнодорожного вокзалов, где на протяжении многих лет индекс загрязнения воздуха в 1,5 - 2 раза выше, чем на остальной территории города. Здесь средние концентрации оксида углерода и фенола 0,5 - 0,8 ПДК, взвешенных веществ и аммиака – 1 - 1,3 ПДК, а концентрации формальдегида более чем в 3 раза превышают санитарно-гигиеническую норму. В летние месяцы загрязненность воздуха выше национального и международного стандартов. В этом районе зафиксировано 51% проб воздуха с концентрациями загрязняющих веществ выше ПДК.

Повышена загрязненность воздуха аммиаком и формальдегидом в районе пр. Людникова. В 18% проб зарегистрировано содержание аммиака выше ПДК. Максимальные из разовых концентраций примеси нередко достигали 3 - 3,6 ПДК. Несколько ниже загрязненность воздуха в районе ул. Чкалова. Максимальная из разовых концентраций аммиака на уровне 3,4 ПДК зафиксирована в периоды смоговой ситуации. В юго-западной части города только в единичных случаях максимальные из разовых концентраций аммиака и формальдегида достигали 1,3 - 2,3 ПДК.

Рост загрязненности воздуха диоксидом азота приходится на отопительный сезон, специфическими примесями – на июнь-сентябрь.

В последние годы наблюдается стабилизация и уменьшение загрязненности воздуха большинством контролируемых примесей. По сравнению с 1998 г. уровень загрязнения воздуха формальдегидом, оксидом углерода и фенолом снизился на 30 - 50%, диоксидом серы и

сульфатами растворимыми – на 60 - 70%. Темпы снижения средних концентраций диоксида азота выражены в меньшей степени (18,5%). Однако с 2000 г. наблюдается заметный рост уровня загрязнения воздуха аммиаком.

Северная провинция Республики Беларусь, где размещается г. Витебск, отличается в республике наиболее высокой естественной радиоактивностью, что зависит от состава пород в почвах города. Во все времена естественный радиоактивный фон города был в 1,5 раза выше, чем в центральной зоне РБ, и в 2 раза выше, чем в южной зоне, и колебался в пределах 12-15 мР/час.

Качество воздуха Могилева формируется в результате сложного взаимодействия между природными и антропогенными условиями. Естественные городские условия, такие как топография местности и метеорология, определяют качество воздуха, повторяемость эпизодов повышенных уровней загрязнения. Недостаточный учет метеорологических условий привел к тому, что большая часть города оказалась под постоянным воздействием повышенных концентраций вредных веществ. Многие предприятия расположены на возвышенных участках местности с наветренной стороны по отношению к жилым массивам и центру города, что приводит к прямому контактному воздействию выбросов на население.

Для воздушного бассейна города характерно повышенное загрязнение специфическими веществами, которые содержатся в выбросах предприятий химической, пищевой промышленности, черной металлургии и др. Сочетание неблагоприятных факторов воздействия наблюдается в Заднепровье. Это самый загрязненный район города. Средние концентрации сероуглерода и формальдегида находятся в пределах 1,1-1,4 ПДК, а диоксида азота в 2,2 раза превышают стандарт ВОЗ. Значительно содержание в воздухе аммиака (в 2 - 4 раза выше, чем в Гомеле, Гродно, Витебске). В Заднепровье чаще, чем в других районах, концентрации загрязняющих веществ выше предельно допустимых. В периоды с неблагоприятными для рассеивания метеорологическими условиями максимальные из разовых концентраций метилового спирта, формальдегида, фенола и сероводорода превышают стандарты качества в 1,5 - 3 раза. Несмотря на то, что южную промзону отделяет от города санитарно-защитная полоса, даже при умеренных южных ветрах специфические вещества предприятий поступают в город, достигая его северной части. Дальнейшему переносу способствует и высота труб основных предприятий (более 150 м) и их расположение на высокой поверхности Оршанско-Могилевской возвышенности, господствующей в Заднепровье.

Вызывает тревогу повышенная загрязненность воздуха фенолом и сероуглеродом в юго-западной части города, формальдегидом – в районе

железнодорожного вокзала. В отдельные периоды разовые концентрации диоксида азота, аммиака, сероводорода, сероуглерода, формальдегида в указанных районах достигали 2-3 ПДК, а фенола превышали стандарт качества в 4 - 6 раз. Особую озабоченность вызывает увеличение содержания в воздухе оксидов азота. Уровень загрязнения воздуха диоксидом азота возрос в 1,5 раза — самый высокий среди промышленных центров Беларуси, превышает стандарт ВОЗ почти в 2 раза.

Однако следует отметить, что в Могилеве с 1991 г. наблюдается стабильное снижение значений ИЗА с 13,4 до 8,0.

В Гомеле в последние годы наблюдается устойчивая тенденция снижения загрязненности воздуха диоксидом серы, оксидом углерода и оксидами азота. Средние концентрации перечисленных примесей были намного ниже санитарно-гигиенических норм. Определяют проблему загрязнения воздушного бассейна города повышенные концентрации формальдегида и (в отдельные годы) фенола. Содержание в воздухе фенола в большинстве лет составляло 1-1,7 ПДК. Заметно уменьшилась загрязненность воздуха формальдегидом. В то же время уровень загрязнения превышал стандарт качества в 2 раза. Увеличилось содержание в воздухе фтористого водорода: повторяемость случаев с концентрациями выше ПДК составила 10%. Вблизи завода "Гомсельмаш" зафиксированы концентрации толуола, оксида углерода и ксилола 2-3 ПДК. В зоне влияния завода "Гомелькабель" зафиксировано четырехкратное превышение предельно допустимой концентрации по фенолу. Под факелом химзавода содержание аммиака в 1,5 раза превышало предельно допустимую концентрацию. Превышение стандартов качества по предельным углеводородам, толуолу, оксиду углерода нередко отмечали вблизи автомагистралей.

По сравнению с 1991 г. значительно снизился уровень загрязнения воздуха в Бресте (с 9,8 до 5,8), что связано с определенным спадом производства и соответственно с уменьшением выбросов вредных веществ в атмосферу.

ПО "Беларуськалий" — крупное промышленное предприятие РБ, источник поступления 20% валюты и основной загрязнитель окружающей среды. По загрязнению город Солигорск занимает восьмое место среди четырнадцати наиболее промышленных городов РБ. Обогащение и складирование на земной поверхности большого количества легкорастворимых отходов (галитовых хвостов, глинисто-солевых шламов) является причиной загрязнения почв и вод хлоридами и др. соединениями.

Шахты, извлечения руды из недр вызывают деформацию и опускание земной поверхности, что приводит к повреждению строений, расположенных над шахтами, затоплению и заболачиванию земель.

Искусственные горы — химический источник загрязнения (засоления земель, грунтовых подземных вод). Повышается радиоактивный естественный фон.

Засоление подземных вод, поверхностных водоемов и водотоков происходит за счет сброса в Солигорское водохранилище вредных веществ, размыва атмосферными осадками солей тяжелых металлов и калийных удобрений. Это привело к загрязнению скважин питьевой воды на трех из четырех рудоуправлений и разработке новых скважин водозабора питьевой воды для снабжения города. Для уменьшения сточных вод строятся установки с замкнутыми циклами водооборота, проводится модернизация канализационной системы.

Производственные мощности ПО "Беларускалий" постоянно наращиваются, растут пылегазовые выбросы в атмосферу, несмотря на проводимые мониторинговые исследования, внедрение фильтров и газификацию производства.

Разработана, осуществляется "Комплексная научно-техническая программа охраны окружающей среды Солигорского промышленного района", однако применяемые защитные меры недостаточны и не могут ослабить вредного воздействия на окружающую среду. Закрытие ПО "Беларускалий" на ближайшее время не планируется.

Землетрясения в районе Солигорска имели место в 1978, 1983, 1988 гг. силой до четырех баллов по шкале Рихтера (по среднестатистическим данным не должны превышать пять баллов по шкале Рихтера). Учитывая деформацию и опускание земной поверхности, следует обратить внимание на повышение надежности и долговечности строительных конструкций и сооружений.

8.2. Радиоактивное загрязнение в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС носит глобальный транснациональный характер. При этом в наибольшей степени оно затронуло Беларусь. Всего 43,51 тыс. км² (20,96%) площади Беларуси загрязнено радионуклидами, в том числе:

- с уровнем загрязнения от 1 до 5 Ки/км² — 30,52 тыс. км (70% всей загрязненной территории),
- 5 - 15 Ки/км² — 8,17 тыс. км² (18,7%),
- 15 - 40 Ки/км² — 2,80 тыс. км² (6,4%),
- свыше 40 Ки/км² — 2,02 тыс. км² (4,6%).

Наиболее пострадала Гомельская область: 66,8% ее площади оказались загрязненными радиацией. В Могилевской — 33,4%, в Брестской — 11,6%.

Динамику радиационной обстановки на территории Беларуси можно разделить на четыре периода:

- 1- апрель-июнь 1986 года, когда ситуация определялась в основном короткоживущими радионуклидами (Йод-131,

133, 135, лантан-140, барий-140, молибден-99, теллур-132, нептуний-239), период полураспада которых до 1 года, а также долгоживущими радионуклидами.

- 2- 1986-1987 гг. — наряду с долгоживущими радионуклидами наблюдались в большом количестве церий-144, рутений-106, цезий-137, кюрий-242.
- 3- Начиная с 1988 г. радиационная обстановка стала определяться в основном радионуклидами цезия-137, стронция-90, а в ближней зоне ЧАЭС еще и плутонием-238, 239, 240, 241 и америцием-241.
- 4- Начнется с 2060 года, когда загрязнение почвы радионуклидами станет заметно уменьшаться.

Вызванное в первый период короткоживущими радионуклидами облучение миллионов людей получило название «йодный удар», особенно сильный в Гомельской области. В настоящее время основными факторами, влияющими на изменение радиационной обстановки являются:

- процесс естественного радиоактивного распада;
- ветровой перенос за счет вторичного радиоактивного загрязнения приземного слоя атмосферы;
- перенос радионуклидов водным путем;
- вертикальная и горизонтальная миграция их в почве.

Площадь зоны с загрязнением медленно сокращается: к 2010 году ее площадь уменьшится в 1,3 раза.

Радиоактивное загрязнение атмосферного воздуха носит вторичный характер и вызывается процессами, приводящими к пылеобразованию (сельскохозяйственные работы) и лесными пожарами.

Результаты радиационного мониторинга показывают, что на территориях населенных пунктов, прилегающих к зоне отчуждения, среднегодовая активность цезия-137, стронция-90 и изотопов плутония в воздухе в сотни раз ниже их допустимой нормы (27 Бк/м^3): в Брагине и Хойниках — $0,00011$ и $0,00004 \text{ Бк/м}^3$.

Последствия Чернобыльской катастрофы еще длительное время будут сказываться на состоянии здоровья населения. До настоящего времени продолжает действовать ряд объективных причин, которые не позволяют дать достаточно точную и всестороннюю оценку социально-медицинских последствий чернобыльской катастрофы. Среди них следует, прежде всего, отметить далеко не полную ясность генетических последствий хронического влияния малых доз облучения на здоровье человека. Остается много невыясненного и в отношении ряда их медико-

биологических и социально-психологических аспектов, связанных с воздействием на человека последствий аварии.

Дело в том, что специфически радиационных болезней не существует. Можно лишь говорить о том, что излучения стимулируют увеличение количества некоторых из распространенных болезней. После аварии на ЧАЭС в Беларуси увеличилось количество анемий, болезней горла и носа, легочных заболеваний, гипертонической, язвенной болезней, гиперплазии щитовидной железы, хронических и иммунных заболеваний. На большом фактическом материале выявлена зависимость нарушения различных звеньев иммунного статуса у проживающих на загрязненных радионуклидами территориях. Достоверно доказан рост онкологических заболеваний.

Особенно ухудшилось состояние здоровья детского населения, подвергшегося радиационному воздействию: отмечен рост распространенности узловой патологии щитовидной железы, установлено резкое увеличение заболеваемости раком щитовидной железы, особенная агрессивность течения рака щитовидной железы у детей, наблюдается рост аутоиммунных заболеваний, выросла распространенность хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта с изменениями слизистой, увеличилось количество невротических расстройств. У 36% детей, подвергшихся постоянному воздействию малых доз радиации, обнаружена гиперплазия щитовидной железы. Известно, что степень выраженности этого воздействия зависит от длительности проживания на загрязненных территориях. Общая заболеваемость детей в Витебской и Брестской областях не имеет тенденции к повышению, тогда как в Гомельской и Могилевской только количество хронических заболеваний верхних дыхательных путей увеличилось в 3-6 раз.

Для уменьшения риска нужно строго контролировать радиационную нагрузку, для чего, прежде всего, следить за степенью загрязненности радионуклидами продуктов питания. Необходим тщательный, всеохватывающий медицинский контроль за состоянием здоровья. Важно обеспечить массовую пектинизацию населения. Для этого следует расширить производство пектинсодержащих препаратов. Применение их должно стать обязательной бесплатной практикой в школах, детских учреждениях и местах общественного питания.

83. За последние годы выявлены группы болезней, ранее неизвестных: генетические, эндокринные, аллергические, токсические, инфекционные со специфической эпидемиологией и профилактикой. Роль социальных факторов отчетливо выступает в некоторых видах

злокачественных опухолей. Одной из основных экологических причин резкого роста заболеваемости раком легкого является загрязнение атмосферы отходами промышленных предприятий и выхлопными газами автомобилей, содержащими вместе с дымом и копотью канцерогенные вещества. Увеличение хронических легочных заболеваний в городах все чаще связывают с возрастанием плотности городского населения, загрязнением атмосферного воздуха и т. п. Так, рядом исследований установлена прямая связь между хроническими бронхитами у горожан и содержанием в воздухе сернистого газа. Среди детей и подростков сформировались группы «повышенного экологического риска»: с повышенным содержанием свинца в крови, с превышением условно допустимого содержания ртути в организме, со стабильно высокой концентрацией нитратов в тканях, с повышенным уровнем облучения щитовидной железы, хотя эти дети никогда не были в радиоактивно загрязненных районах.

При оценке влияния химических соединений на здоровье людей необходимо объективно определять характер их комбинированного действия. По данным гигиенических исследований в ряде городов отмечается связь между заболеваниями и комплексным показателем загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА).

Наряду с химическим загрязнением сильное влияние оказывает и физическое. Проживание людей в зоне воздействия вибрации и шума приводит к нарушению самочувствия, к напряжению адаптационных реакций организма человека и способствуют более раннему развитию заболеваний. Непрерывное воздействие шума провоцирует развитие ряда сердечно-сосудистых и нервных заболеваний. Наиболее значимым внешним источником низкочастотных электрических и магнитных полей являются воздушные линии передач различного напряжения. Результатом продолжительного воздействия ЭМП даже относительно слабого уровня могут быть раковые заболевания, изменение поведения, склонность к развитию стрессорных реакций, потеря памяти, бессонница, астма, угнетение половой функции, аритмия, хроническая усталость и др. Значительная часть случаев инфаркта миокарда в крупных городах вызвана скачками мощными низкочастотных техногенных электромагнитных полей. В зданиях, расположенных вблизи ЛЭП, 75 - 80% объема квартир подвержены воздействию высоких уровней ЭМП. До последнего времени считалось, что вредна только электрическая составляющая этого воздействия, однако уже доказана связь магнитного загрязнения с развитием онкологических заболеваний. Особенно высока чувствительность к нему детей и эмбрионов, а также людей, страдающих аллергией.

Следовательно, влияние химического загрязнения необходимо оценивать на фоне физического загрязнения.

Столице Беларуси — Минску присущи все черты высоконагруженного промышленного центра, а, следовательно, и все экологические проблемы таких территорий. Наиболее отчетливо их влияние прослеживается при анализе демографической ситуации и состояния здоровья населения. Так, уровень общей заболеваемости в Минске превышает общереспубликанский в 1,3 раза и имеет явно выраженную тенденцию к росту. Превышен среднереспубликанский уровень младенческой смертности. Частота случаев мертворождений и гибели детей в первую неделю жизни превышает общереспубликанский более чем на 24%. Частота детских патологий в перинатальном периоде за последние три года выросла на 40%. Общая детская заболеваемость на 40% превышает общереспубликанский уровень. В Минске, по данным медико-экологического мониторинга, среди детей и подросткув сформировались группы «повышенного экологического риска». Это дети с повышенным содержанием свинца в крови, с превышением условно допустимого содержания ртути в организме, со стабильно высокой концентрацией нитратов в тканях, с повышенным уровнем облучения щитовидной железы, хотя эти дети никогда не были в радиоактивно загрязненных районах. Для Минска характерно значительное превышение показателей по психическим заболеваниям и случаям суицида среди населения по сравнению с общереспубликанскими.

При оценке эколого-эпидемиологического риска выявлена высокая вероятность развития новообразований ($R > 0,689$) у детей в городах Минск, Гомель, Гродно. Установлен высокий риск заболеваемости детей в Могилеве, Гродно, Бресте болезнями органов дыхания. Наибольший эпидемиологический риск возникновения болезней нервной системы зарегистрирован у детей в Могилеве и Минске ($R > 0,931$).

Взрослое население подвержено большому риску развития новообразований в городах Гомель, Могилев, Минск ($R > 0,899$), а болезней органов дыхания — в городах Минск, Брест, Могилев ($R > 0,829$). Вероятностный риск возникновения болезней нервной системы взрослых и подросткув составил $R > 1$ в Минске, Гомеле, Бресте. Наибольшая величина риска развития болезней крови ($R > 0,890$) рассчитана для взрослого населения Минска и Гомеля.

К основным направлениям оздоровления городской среды можно отнести следующие:

- совершенствование механизма управления природопользованием и охраной окружающей среды;
- градостроительно-планировочные мероприятия;
- энергосбережение;
- инженерно-технические мероприятия;

- оздоровительно-профилактические мероприятия;
- экологическое образование и воспитание;
- расширение деятельности общественных экологических организаций и движений.

Инженерно-технические мероприятия можно разделить на технологические, организационно-технические и санитарно-технические.

К технологическим относятся совершенствование технологии производства, замена токсичных сырьевых материалов на малоопасные; разработка безотходных и малоотходных производств.

К организационно-техническим мероприятиям можно отнести оптимальное планирование природоохранных мероприятий; стандартизацию производства на экологическую безопасность; использование компенсационных мер в экологически небезопасных районах, например, увеличение норм жилой площади на человека с одновременным снижением ее оплаты, введение льгот по оплате коммунальных услуг, аренды помещений и земельных участков; вынос за пределы города экологически опасных производств или их перепрофилирование; использование энерго- и ресурсосберегающих машин и аппаратов, их герметизация; внедрение экологобезопасных транспортных устройств, машин и механизмов; использование при организации дорожного движения принципа «зеленой волны»; реализация комплекса всех видов работ по снижению выбросов вредных веществ от автотранспорта и т.д.

Санитарно-технические мероприятия включают организацию местной и общеобменной вентиляции, системы водоотведения с соответствующими системами очистки, обезвреживания, обеззараживания и дезодорации газовоздушных выбросов и сточных вод; сбор и переработку твердых отходов производства и потребления; ликвидацию, переработку и захоронение токсичных отходов; коммунальную очистку сточных вод; переработку и складирование шламов и избыточного активного ила и пр.

Оздоровительно-профилактические мероприятия включают, прежде всего, медико-экологический мониторинг населения (особенно детского) на всей территории города и в соответствии с законодательством проведение профилактических (медосмотры, флюорографические и рентгенологические исследования, вакцинация и т.д.) и соответствующих оздоровительных процедур.

Определяющее значение приобретают сегодня исследования по прогнозированию санитарной ситуации и состояния здоровья населения. Надежность гигиенических прогнозов зависит от того, насколько точно определяется реальная опасность загрязнений.

Пропагандистско-воспитательная работа заключается в формировании экологической культуры всех слоев общества. Из опыта зарубежных стран следует, что с экологическими проблемами города, региона можно справиться только сообща, при участии каждого члена общества. Для экологического воспитания и образования населения необходимо использовать все без исключения образовательные учебные заведения, курсы повышения квалификации, все виды средств массовой информации. Необходимо в полном объеме реализовать Республиканскую программу непрерывного экологического образования и воспитания населения.

Лекция 9

ОХРАНА ПРИРОДЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

9.1. Государственная структура охраны природы в РБ. Нормативно-правовая основа охраны природы в Республике Беларусь. Система государственных органов власти и управление в сфере охраны природы. Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды. Подготовка профессиональных кадров. Экологическое просвещение.

9.2. Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охраны окружающей среды. Научное обеспечение экологических проблем. Научная программа на 2006 - 2010 гг. «Экология и природные ресурсы Республики Беларусь» – «Природа».

9.3. Проблема сохранения ландшафтов и биоразнообразия. Особо охраняемые территории: заповедники, заказники, памятники природы Беларуси. Красная книга Республики Беларусь: третье издание. Голубая книга республики Беларусь.

9.1. Главное направление экологической стратегии Республики Беларусь – осуществление заложенного в Конституции права граждан на благоприятную для жизни окружающую среду. Обеспечение этого права определяется законодательством РБ в области окружающей среды и природопользования. Основу его составляют:

1. Конституция Республики Беларусь (ст. 34, 46, 55) от 15.03.1994 г. с дополнениями и изменениями от 24 ноября 1996 г.

2. Концепция государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды, утверждена Верховным Советом Республики Беларусь 06.09.1995 г.

3. Законы Республики Беларусь:

а) Об охране окружающей среды от 26.11.1992 г.;

б) О государственной экологической экспертизе от 18.06.1993 г.;

- в) Об особо охраняемых природных территориях и объектах от 20.10.1994 г.;
- г) О налоге за пользование природными ресурсами (экологический налог) от 23.12.1991 г.;
- д) Об отходах производства и потребления от 25.11.1993 г.;
- е) Об охране и использовании животного мира от 19.09.1996 г.;
- ж) Об охране атмосферного воздуха от 15.04.1997 г.;
- з) Кодекс Республики Беларусь о земле (04.01.1999 г.);
- и) Водный кодекс Республики Беларусь (15.07.1998 г.);
- к) Кодекс Республики Беларусь о недрах (15.12.1997 г.);
- л) Лесной кодекс Республики Беларусь (21.06.1979 г.).

Систему государственных органов власти и управления в сфере охраны природы составляют:

- *Президент* – принимает решения в области окружающей среды, имеющие обязательную силу на всей территории страны. Непосредственно, или через создаваемые им органы, осуществляет контроль за соблюдением природоохранного законодательства местными органами управления и подведомственными ему органами.

- *Парламент – Национальное собрание Республики Беларусь*, являясь представительным и законодательным органом Республики Беларусь, определяет основные направления государственной экологической политики, принимает законы в области охраны окружающей среды и природопользования, объявляет, в случае необходимости, территории зонами экологического бедствия.

- *Правительство – Совет Министров РБ* реализует государственную экологическую политику; разработку и исполнение государственных экологических программ и крупных природоохранных мероприятий, координирует деятельность в области охраны окружающей среды и природопользования министерств и иных республиканских органов государственного управления, осуществляет международное сотрудничество в этой области.

- *Совет Министров, местные органы власти*, которые непосредственно несут ответственность за состояние окружающей среды на определенных территориях, организуют выполнение государственных и региональных экологических программ и природоохранных мероприятий, разрабатывают и утверждают в Советах депутатов местные программы охраны природы, организуют их материально-техническое и финансовое обеспечение.

- Кроме того, в эту систему входят *органы специальной компетенции*:

1. Республиканским органом государственного управления в области рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды является Министерство природных

ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Главные его задачи определены Положением о Министерстве, они в основном сводятся к следующим позициям:

- разработка и проведение единой государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
- осуществление комплексного управления и координация природоохранной деятельности в республике,
- осуществление государственного контроля состояния природной среды.

В систему Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды входят: само Министерство, состоящее из отделов и департаментов, шесть областных и Минский городской комитеты природных ресурсов и охраны окружающей среды, межрайонные инспекции охраны рыбных ресурсов и охотничьих видов животных и подчиненные организации: Республиканское унитарное предприятие "Белгеология", 3 республиканских и 5 областных центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ряд научно-исследовательских учреждений.

2. Государственный таможенный комитет выполняет природоохранные функции путем принятия мер по борьбе с незаконным вывозом животных и растений, торговля которыми регулируется международными соглашениями, а также с незаконным ввозом товаров, представляющих экологическую опасность для людей и окружающей среды.

3. Министерство внутренних дел обеспечивает охрану атмосферного воздуха от вредного воздействия транспортных средств, оказывает содействие природоохранным органам при осуществлении государственного контроля в области охраны окружающей среды. В его составе имеются подразделения экологической милиции.

4. Управление делами Президента Республики Беларусь осуществляет управление национальными парками и заповедниками республиканского значения.

Специально уполномоченными государственными органами в области окружающей среды, наделенными правами государственного контроля являются:

- Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии, занимающийся вопросами учета земель, ведением государственного земельного кадастра осуществляющий контроль за использованием и охраной земель,
- Министерство здравоохранения РБ, к компетенции которого отнесены вопросы гигиены труда, контроля за качеством питьевой воды

и продуктов питания, а также соблюдения санитарных правил содержания населенных пунктов;

- Министерство по чрезвычайным ситуациям, на которое возложено решение всех вопросов, связанных с ликвидацией чрезвычайных ситуаций, вызванных стихийными бедствиями, производственными авариями и катастрофами, а также вопросов радиационного загрязнения и ликвидации их последствий;

- Министерство лесного хозяйства, осуществляющее контроль за состоянием, использованием, воспроизводством, охраной и защитой лесов, ведет государственный учет лесов и государственный лесной кадастр;

- Департамент гидрометеорологии Республики Беларусь, ведущий наблюдение за состоянием поверхностных вод и атмосферного воздуха.

Главный принцип административного управления в области природопользования и охраны окружающей среды — разрешительно-запретительный. Суть его в том, что Минприроды и его органами (или другими уполномоченными органами) устанавливаются лимиты на пользование отдельными видами природных ресурсов, выбросы (обросы) загрязняющих веществ, размещение отходов окружающей среде и т.д., а также выдаются соответствующие лицензии. Они имеют право приостанавливать деятельность предприятий и производств, в случае их несоответствия нормам экологической безопасности, налагать административные взыскания на граждан и должностных лиц за нарушения природоохранного законодательства, предъявлять иски за нанесенный ущерб.

На этом же принципе основано проведение государственной экологической экспертизы. Реализация проектов на новое строительство объектов, или реконструкцию действующих без положительного заключения государственной экологической экспертизы запрещена и не подлежит финансированию.

Экономические рычаги управления природопользованием и охраной окружающей среды в Республике Беларусь начали вводиться с 1992 г. Основными из них являются:

1. планирование и финансирование природоохранных мероприятий;
2. льготное кредитование природоохранной деятельности;
3. определение лимитов на пользование природными ресурсами, на выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду;
4. взимание налогов и других платежей за использование природных ресурсов, выбросы (обросы) загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов и другие виды вредного воздействия на окружающую среду;

5. возмещение в установленном порядке вреда, причиненного окружающей среде.

Размеры налогов и платежей зависят не только от объемов используемых природных ресурсов или сбросов (выбросов) загрязняющих веществ, но и от того, укладывается ли природопользователь в установленные лимиты. За сверхнормативное использование природных ресурсов, выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов платежи взимаются в повышенных размерах.

Все мероприятия по охране окружающей среды, включая строительство очистных сооружений, приобретение приборов контроля, как правило, финансируются за счет собственных средств природопользователя. Строительство общегородских очистных сооружений и осуществление региональных природоохранных мероприятий финансируется в основном из местных бюджетов и целевых бюджетных фондов охраны природы. Осуществление республиканских научно-технических и других природоохранных программ и мероприятий финансируется из средств республиканского бюджета и республиканского целевого бюджетного фонда охраны природы.

Бюджетные фонды охраны природы образуются за счет платежей за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов, штрафов за нарушение природоохранного законодательства и средств, полученных в возмещение вреда, причиненного природной среде, добровольных взносов юридических лиц и граждан, включая иностранных, и других поступлений. Средства, поступившие в бюджетные фонды охраны природы, распределяются, как правило, в следующем соотношении: 60% их перечисляется в городские и районные бюджетные фонды охраны природы, 30% – в областные и 10% – в республиканский. Используются средства этих фондов на природоохранные мероприятия в соответствии с Законом Республики Беларусь "Об охране окружающей среды" и соответствующими постановлениями Совета Министров Республики Беларусь.

Одной из важнейших задач в деле охраны природы является подготовка профессиональных кадров. В настоящее время подготовка экологов осуществляется, в основном, на факультетах ВУЗов, дающих профессиональную подготовку в других областях хозяйственной деятельности, следовательно, экологическое образование – дополнительное. С 2002 года в экологическом университете им. А.Д.Сахарова начата подготовка по специализациям:

"Экологический менеджмент и аудит",

"Экологический мониторинг",

"Стандартизация и метрология",

"Экологические информационные сети".

Это позволит республике получить высококвалифицированных эколого-экспертов.

В Беларуси создается система непрерывного экологического просвещения. Ежегодно издается экологический бюллетень «Состояние природной среды Беларуси», регулярно выходит Национальный доклад «Состояние окружающей среды Республики Беларусь» и большое количество литературы экологической направленности, налажен выпуск сборников в нормативных документов, информационных бюллетеней и обзоров по отдельным экологическим проблемам.

Сведения о состоянии окружающей среды Беларуси вводятся в сеть ИНТЕРНЕТ: www.president.gov.by/Minpriroda/russian/index.htm, или собственный сайт Минприроды.

Во всех областных комитетах и в самом Министерстве созданы "горячие" телефонные линии, по которым можно получить информацию о состоянии окружающей среды и мерах по ее оздоровлению.

9.2. В Беларуси регулярно разрабатываются национальные программы действий по сохранению природы.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь является заказчиком научно-технических программ: "Охрана природы", "Природопользование и охрана окружающей среды", "Оценить влияние хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды. Разработать прогноз её изменения к 2010 год и комплекс мероприятий с целью обеспечения экологической безопасности Республики Беларусь".

Научное обеспечение экологических проблем кроме ведомственных научных учреждений обеспечивают научно-исследовательские институты Национальной академии наук Беларуси: Генетики и цитологии, Геологических наук, Зоологии, Проблем использования природных ресурсов и экологии, Радиоэкологических проблем, Экспериментальной ботаники, Центральный ботанический сад, а также ряд научно-исследовательских институтов и центров различных министерств и иных республиканских органов государственного управления, таких как: Центр радиационного контроля и мониторинга природной среды (Госкомгидромет); Институты: Почвоведения и агрохимии, Защиты растений (Аграрная академия наук Минсельхозпрода), Радиационной безопасности (МЧС), Санитарно-гигиенический (Минздрав) и другие. Более двадцати институтов в проводят исследования по решению отраслевых задач в рамках отдельных проектов, связанных с решением проблем природопользования.

Для научного обеспечения и внедрения природоохранных мероприятий на предприятиях республики государством финансируется ряд научных программ: "Природопользование и охрана окружающей

среды", "Ресурсосбережение", "Лесное хозяйство", "Экологическая безопасность" и др.

Разработан и одобрен Минлесхозом Республики Беларусь в 1997 г. стратегический план развития лесного хозяйства Беларуси на 1998 – 2015 гг. С целью устойчивого рационального использования растительных ресурсов, их воспроизводства и охраны ведется работа по созданию и ведению Государственного кадастра растительного мира.

В настоящее время выполняется "Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охраны окружающей среды на 2001 - 2005 гг."

В 2005 году заканчивается выполнение Государственной научно-технической программы «Экологическая безопасность». Разрабатывается программа на 2006 - 2010 гг. «Экология и природные ресурсы Республики Беларусь» – «Природа». Главной целью ее является обеспечение опережающего развития научных исследований экологических основ устойчивого развития, предусматривающих улучшение социально-экономических и экологических условий проживания человека и определяющих переход к экологосовместимому природопользованию.

В программе выделены следующие блоки:

- *Экологизация промышленного сектора экономики* (разработка и внедрение безотходных ресурсо- и энергосберегающих, экологобезопасных технологий).
- *Использование и охрана земельных ресурсов.*
- *Водные ресурсы и водные объекты* (создание системы эколого-экономического нормирования водопользования).
- *Атмосфера* (разработка системы стимулирования хозяйствующих субъектов к внедрению природоохранных технологий, обеспечивающих снижение выброса вредных веществ в атмосферу).
- *Биологические ресурсы и ландшафтное разнообразие* (разработка технологий устойчивого использования, охраны и воспроизводства биоресурсов).
- *Минерально-сырьевые ресурсы.*
- *Отходы производства.*
- *Природная среда Республики Беларусь и здоровье населения* (разработка и реализация мероприятий по регулированию качества окружающей природной среды, обеспечивающего оздоровление населения и снижающего проявление отдельных видов аллергических и патологических изменений в организме человека).
- *Экологизация образования* (подготовка и издание научно-методологической литературы, экологизация общеобразовательных и специальных программ вузов).

93. Биосферная концепция экологической безопасности основывается на учении В.И. Вернадского о роли живых организмов (в том числе, и человечества как геологической силы) и биогеохимических круговоротов в формировании биосферы и законах физики и биологии. По этой концепции, устойчивость биосферы обусловлена способностью биоты компенсировать, по принципу обратных связей, неблагоприятные воздействия на окружающую среду, если они не превышают пороговый уровень. После превышения порогового уровня начинается деградация биоты, и процесс снижения устойчивости экосистем ускоряется.

Главным направлением природоохранной деятельности, исходя из этой концепции, является установление пределов устойчивости конкретных экосистем, а в целом сохранение живых организмов, регулирующих состояние окружающей среды. В связи с этим, основной задачей развития является сохранение доступными способами ненарушенных хозяйственной деятельностью территорий с компонентами естественных биоценозов, которые должны обеспечивать устойчивость окружающей среды. Решение этой задачи затрагивает и социально-экономические интересы общества.

Участие Беларуси в Конвенции о биологическом разнообразии диктует необходимость создания в стране системы биобезопасности, соответствующей международным правилам и нормам. С Конвенцией о биологическом разнообразии связана также Общеввропейская стратегия по сохранению биологического и ландшафтного разнообразия. В соответствии со стратегией требуется обеспечить формирование национальной экологической сети с целью ее интеграции в общеввропейскую сеть. В сохранении биоразнообразия республики, ее типичных и уникальных ландшафтов большое значение имеет создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Современная классификация Всемирной комиссии по охраняемым территориям МСОП природно-заповедные территории подразделяет на следующие категории:

1. Строго охраняемые:

- *строгий природный резерват* – охраняемая территория (участок суши или моря, включающий уникальные или типичные экосистемы, либо геоморфологические достопримечательности), предназначенная главным образом для проведения научных исследований;
- *участок дикой природы* – охраняемая территория, предназначенная главным образом для сохранения природы в первозданном виде.

К этой категории относятся заповедники – особо охраняемые пространства, полностью исключенные из любой хозяйственной деятельности ради сохранения в нетронутом виде природных комплексов и охраны редких и исчезающих видов флоры и фауны.

Они подчинены строгому режиму охраны, который запрещает всякую деятельность, не связанную с задачами заповедника.

Биосферные заповедники — это охраняемые, наиболее характерные эталонные участки биосферы в различных географических зонах Земли. Считается, что территория биосферного заповедника практически не испытывает локальных воздействий преобразованных человеком окружающих ландшафтов. Главное предназначение биосферных заповедников — сохранение в естественном виде природных экосистем и их генофонда, а также постоянный и всесторонний контроль за состоянием и ходом разных изменений, протекающих в биосфере (экологический мониторинг).

Первые биосферные заповедники были организованы во второй половине семидесятых годов двадцатого века. К 1984 г. их число в 58 странах мира составило 226, к 1985 г. их стало 243 (60 стран), а к 2000 г. — 325 (82 страны мира).

II. Созданные для сохранения экосистем и рекреации.
Национальные парки — обширные участки территории, включающие природные ландшафты, выделенные для охраны природы в оздоровительных, эстетических, научных и культурно-просветительских целях.

В пределах Национального парка выделяют следующие зоны:

- *заповедная зона* — территория с наличием ценных и уникальных естественных экосистем, мест концентрации видов, занесённых в Красную книгу, а также отсутствием в настоящее время угроз существованию природных комплексов и объектов;
- *зона регулируемого использования* — территория, в пределах которой необходимо предотвратить и ограничить чрезмерное антрополическое воздействие на объекты, сохранять экологическое равновесие слагающих их экосистем, поддерживать экологическую устойчивость и сохранность природных комплексов;
- *рекреационная зона* — территория распространения рекреационных ресурсов (природных, культурно-исторических, эстетических и др.) и рекреационной инфраструктуры;
- *хозяйственная зона* — территория, определяемая в соответствии с существующей хозяйственной необходимостью и экономической эффективностью производственной деятельности, в том числе местного населения. Иногда она образует единый ареал с рекреационной зоной;
- *охранная зона* национального парка выделяется на территориях внутри парка, не связанных с деятельностью национального парка, и на землях, прилегающих к территории парка, с целью смягчения или ликвидации неблагоприятных явлений и процессов, которые могут оказать влияние на природные комплексы НП.

**Структура функционального зонирования
в национальных парках Беларуси**

Название парка	Функциональные зоны, % от общей площади			
	заповедная	регулируе- мого исполь- зования	рекреа- ционная	хозяйст- венная
Беловежская пуща	17,9	65,2	12,3	4,6
Браславские озёра	3,8	41,3	17,6	37,3
Припятский	35,5	52,3	0,7	1,5
Нарочанский	8,4	57,6	1,2	32,8

III. Созданные для сохранения уникальных природных объектов.

Памятники природы – природные достопримечательности, имеющие научное или культурно-эстетическое значение, а также объекты природы, связанные с какими-либо историческими событиями или лицами. Представляют интерес в научном, познавательном и культурном отношении.

Заказники природы – участки природной территории, где временно или постоянно запрещены отдельные формы хозяйственной деятельности. Обычно невелики по площади и создаются с целью охраны зонатно или азонально встречающихся растительных группировки биотопов.

IV. Созданные для охраны местообитаний/видов посредством активного управления. Это участки суши или акватории, являющиеся объектом активного вмешательства человека, направленного на сохранение местообитаний или поддержание условий, необходимых для существования определенных видов.

V. Созданные для сохранения ландшафтов и рекреации. Это участки, в пределах которых длительное взаимодействие человека и природы сформировало местность, выделяющуюся особыми эстетическими, экологическими и/или культурными характеристиками и нередко обладающую высоким уровнем биологического разнообразия. Поддержание такого взаимодействия является необходимым условием их сохранения. *Ландшафтные парки* – искусственно созданные или окультуренные охраняемые антропогенные ландшафты, отличающиеся природными достопримечательностями и высокой эстетичностью. Территория ландшафтного парка обычно имеет благоприятные климатические условия, ценные для оздоровления, отдыха, туризма, и чаще всего используется в рекреационных целях.

VI. Созданные для устойчивого использования природных экосистем. Это территория, включающая преимущественно мало измененные природные комплексы, используемые таким образом, чтобы обеспечить долговременное сохранение биологического разнообразия наряду с устойчивым воспроизведением ресурсов для удовлетворения потребностей местного населения.

В Беларуси в настоящее время общая площадь охраняемых территорий республиканского значения составляет 1579 тыс. га, или 7,8% территории республики. В том числе:

- 1 биосферный заповедник (Березинский), 4 национальных парка (Бело-вежская пушча, Припятский, Браславские озера, Нарочанский),
- 98 заказников республиканского значения,
- 464 заказника местного значения,
- 903 памятника природы республиканского и местного значения.

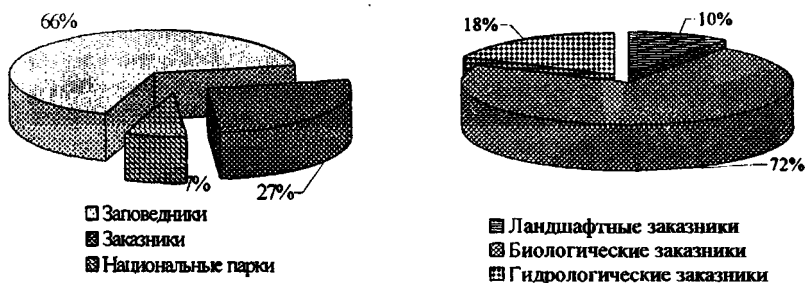


Рис. 9.1. Соотношение площадей разных типов ООПТ Беларуси.

Для сохранения природных комплексов с уникальной ландшафтно-геоботанической структурой, подвергшихся воздействию радиоактивного загрязнения, с целью изучения и длительного ведения радиобиологического мониторинга в 1988 году в Гомельской области основан *Полесский радиационно-экологический заповедник* площадью 215,5 тыс. га.

В соответствии со Схемой районирования размещения охраняемых природных территорий, утвержденной Советом Министров Республики Беларусь выполнены научные и технико-экономические обоснования по организации ряда ООПТ республиканского значения. Начиная с 1995 года, было создано более 30 заказников. В настоящее время готовится научно-техническое обоснование по образованию Национальных парков "Белая Русь", «Налибокский», «Свислочь-Березинский», «Туровщина» и

«Суражский». Площадь ООПТ должна увеличиться до 1800 тыс. га – более 8% территории.

На современном этапе основным подходом в стратегии охраны природы является географический – определение территорий максимального сосредоточения редких видов.

Проводимая работа по развитию сети особо охраняемых территорий отвечает основным положениям Национальной стратегии и плана действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Беларуси и международной конвенции о биологическом разнообразии.

Первым заповедником, сформированным на территории Беларуси является *Березинский заповедник* – 1925 г. Его площадь составляет 80,9 тыс. га, где обитают 55 видов зверей, 231 вид птиц, 1569 видов растений, из них 6 млекопитающих, 56 птиц и 47 видов растений занесены в Красную книгу Беларуси. Главное назначение Березинского заповедника – это сохранение типичных и уникальных природно-ландшафтных комплексов подзоны широколиственно-еловых подтаежных лесов, изучение в них естественных процессов и явлений, разработка научных основ охраны природы и экологического просвещения. На площади водосбора реки Березины сохранились труднодоступные лесные и болотные массивы с естественными популяциями лося, медведя, бобра, выдры, европейской норки. Это одно из немногих мест в Европе, где сохранились массивы черноольхово-ясеневых лесов и обширных болот различных типов. В 1979 году Березинский заповедник приобрел статус биосферного и был включен в мировую сеть биосферных заповедников. На его базе в 1983 году был проведен I Международный конгресс по проблемам биосферных заповедников.

Перед каждым национальным парком стоят свои задачи в деле сохранения природных комплексов. Наиболее известный национальный парк Беларуси – *Беловежская пуца* выделен в пределах Брестской и Гродненской областей. В 1939 году, после воссоединения с Западной Беларусью, государственным заповедником была объявлена белорусская часть Беловежской пуцы. Постановлением Совмина РБ в 1991 г. Государственное заповедно-охотничье хозяйство «Беловежская пуца» было реорганизовано, и на его базе создан первый в Республике Беларусь государственный национальный парк. Беловежская пуца – один из крупнейших лесных массивов на европейских равнинах. Важнейшим событием последних лет для него является значительное увеличение территории национального парка за счёт присоединения к нему экологически ценных земель. Прежде всего, это включение в состав парка гидрологического заказника «Дикое» (болотного массива площадью 7539 га, имеющего общеевропейское значение) и

Шерешевского лесничества в Пружанском районе. В настоящее время площадь национального парка составляет около 120000 га.

Беловежская пушта — одна из самых титулованных ОПТ в Европе. В 1993 г. национальному парку присвоен статус биосферного заповедника.

Здесь наиболее разнообразная флора — 1630 видов. Зарегистрировано 59 зверей и 227 видов птиц. Задачей этого парка является сохранение в естественном состоянии типичного для Восточной Европы природного комплекса.

Напротив, национальный парк *Припятский* организован для сохранения уникального для Белорусского Полесья ландшафта и изучения на его базе изменений в природе в связи с осушением болот Полесской низменности. Он основан в 1969 году как Припятский ландшафтно-гидрологический заповедник, расположен на землях древнего Туровского княжества и объединяет сохранившиеся Полесские болота и естественную пойму реки Припять — главной водной артерии Беларуси. Болотные сообщества (верховые, переходные и низинные) представляют собой остатки крупнейшего болотного комплекса Европы, значительно сократившего свою площадь в связи с интенсифицированными мелиоративными работами, начавшимися в 60-х годах 20 века. На его просторах обитает множество видов водоплавающих птиц, белые и черные аисты, серые цапли, журавли. В осоковых болотах отмечена популяция исчезающей по всей Европе вертилявой камышовки. По оценке орнитологов института зоологии НАН Беларуси здесь гнездится около половины ее мировой численности. Не редки выдра, бобр, енот-полоскун, ондатра. В 1997 году Припятский ландшафтно-гидрологический заповедник преобразован в Припятский национальный парк.

В 1995 году в Витебской области для сохранения природного комплекса Браславских озер и его генетического фонда растительного и животного мира организован национальный парк *Браславские озера*. Территория национального парка представляет собой своеобразный комплекс с неповторимым сочетанием гряд, холмов, озер, заболоченных низин и речных долин. Его ландшафтные особенности традиционно привлекают сюда множество отечественных и иностранных туристов.

Сейчас ясно, что существующий вариант зонирования проработан недостаточно обоснованно. В структуре функционального зонирования Браславского национального парка доминируют туристско-рекреационная и хозяйственная деятельность, что не соответствует международным требованиям, предъявляемым к национальным паркам. Особенно это касается заповедной зоны, площадь которой составляет всего 3,7%.

В 1999 году в Минской области открыт *Нарочанский* национальный парк с целью более полного и эффективного использования рекреационных возможностей этой территории.

Ценность белорусских ООПТ подтверждается специальными международными дипломами и сертификатами. Так, Березинский биосферный заповедник и Национальный парк «Беловежская пуща» имеют дипломы Совета Европы за успехи в деле охраны природы, входят в международную сеть резерватов биосферы. Кроме того, «Беловежская пуща» включена в список всемирного культурного наследия ЮНЕСКО. Три заказника Брестской области: «Споровский», «Ольманские болота» и «Средняя Припять» получили статус водно-болотных угодий международного значения. Минприроды и учёными готовятся документы на присуждение такого статуса ещё нескольким республиканским заказникам, в частности крупнейшему в Центральной Европе массиву верховых болот и ледниковых озёр – заказнику «Ельня» в Витебской области, уникальным болотным заказникам «Званец» и «Дикое» в Брестской области. Указанный потенциал создаёт хорошую перспективу по развитию экологического туризма с широким международным участием.

Вместе с тем, за пределами особо охраняемых природных территорий и территорий, подлежащих специальной охране, ландшафты подвергаются деградации, в частности, при расширении площадей населённых пунктов, при разработках месторождений полезных ископаемых, прокладке коммуникаций, осушительной мелиорации, в результате несанкционированных свалок отходов. Недостаточно научно проработаны вопросы организации сельских ландшафтов, зелёных зон, сохранения ландшафтов при планировании и размещении объектов строительства и т.д., а также вопросы сохранения типичных и уникальных ландшафтов, их компонентов.

За последние 100 лет с территории Республики исчезло более 40 видов сосудистых растений, а также множество редких и хозяйственно ценных сообществ, отличающихся естественной продуктивностью и богатством видового состава. Целям обеспечения охраны редких и исчезающих видов животных и растений служит *Красная книга Республики Беларусь*. В первое издание (1981 года) было включено 80 видов животных и 85 растений. Во второе (1993 г.) – 182 вида животных, 180 видов растений, 17 видов лишайников, 17 – грибов. В третье издание внесено 189 видов животных: 17 – млекопитающих, 72 – птиц, 2 – амфибий, 2 – рептилий, 11 – рыб, 70 – насекомых и 15 видов других беспозвоночных. Список охраняемых растений расширен до 274 видов, в том числе сосудистых – 173 (11% от общего числа сосудистых растений природной флоры республики), мохообразных – 27 видов водорослей – 21, лишайников – 24, грибов – 29.

При подготовке 3-го издания Красной книги Республики Беларусь использована новая версия категорий и критериев МСОП, принятая Советом МСОП 9 февраля 2000 г. – 3.1. В этом издании используются 4 категории национальной природоохранной значимости. Регионально исчезнувшие виды представлены в виде аннотированного списка. Кроме того, составлен дополнительный список видов, по различным причинам требующих особого внимания, но не относящихся к видам национальной природоохранной значимости.

Категории национальной природоохранной значимости Красной книги Республики Беларусь в основном соответствуют общепринятым категориям Международного союза охраны природы: CR (находящиеся под глобальной угрозой исчезновения), EN (находящиеся под критической угрозой исчезновения), VU (уязвимые) и NT (близкие к первым трём категориям; IUCN, 2001), но они предусматривают учёт и таких факторов, как международный и европейский статус, доля от европейской популяции, а также экологические, филогенетические, исторические и культурные аспекты, включая предпочтительное отношение к некоторым видам животных в сравнении с другими со стороны человека.

I категория (CR) – наивысшей национальной природоохранной значимости включает таксоны, имеющие очень низкую или быстро сокращающуюся численность, спасение которых невозможно без осуществления комплекса специальных мер, а также таксоны, национальная популяция которых имеет высокую международную значимость (страна несёт ответственность за сохранение значительной доли от глобальной или европейской популяции). В Беларуси этот статус имеют:

норка европейская (млекопитающие),
большой подорлик, беркут, сапсан (птицы)
стерлядь, атлантический лосось (рыбы),
зеленоватая стрелка (стрекозы), красотел пахучий (жуки),
медведица Гёбба, парусник Поликсена (бабочки),
пихта белая и др.

II категория (EN) – включает таксоны, в настоящее время не находящиеся под прямой угрозой исчезновения на территории страны, но имеющие неблагоприятный международный или европейский охранный статус, низкую численность, тенденцию к неуклонному сокращению численности и/или ареала и прогнозируемое в ближайшем будущем ухудшение статуса:

зубр европейский, бурый медведь, рысь обыкновенная (млекопитающие),
чернозобая гагара, орлан-белохвост, белая куропатка (птицы),
гребенчатый тритон (амфибии),

ручьевая форель, европейский хариус (рыбы),
жуколен (жуки), альпийская перламутровка (бабочки),
ятрышник пятнистый, ятрышник мужской.

III категория (VU) – включает таксоны, не находящиеся под прямой угрозой исчезновения, но подверженные риску вымирания в перспективе в силу морфофизиологических и/или поведенческих особенностей, делающих их уязвимыми при любых даже незначительных изменениях окружающей среды:

барсук (млекопитающие),

выпь большая, черный аист, серый журавль, обыкновенный зимородок (птицы),

камышовая жаба, болотная черепаха, медянка,

жулица золотисто-мечатая, плаунок широчайший (жуки),
бражник Прозерпина, черный аполлон (бабочки), медицинская пиявка,
широкопалый рак,

венерин башмачок настоящий, водяной орех (чилима), кадило сарматское, кувшинка белая.

IV категория (NT) – объединяет таксоны, не относящиеся к трем предыдущим категориям, но близкие к ним, имеющие неблагоприятные тенденции на окружающих территориях или зависящие от осуществляемых мер охраны:

серый гусь, сизая чайка (птицы)

решетчатая жулица, фиолетовая жулица, стафилин
волосатый (жуки),

первоцвет высокий, плаун-баранец, плющ обыкновенный,
сальвиния плавающая, шалфей луговой.

Материал нового издания Красной книги РБ состоит из видовых очерков, включающих информацию о систематическом положении вида, его охранном статусе (в том числе и на сопредельных территориях), его международной значимости, отличительных морфологических признаках, распространении (общем и в пределах Беларуси, в прошлом и настоящем), местообитаниях, биологии, численности, основных факторах угрозы и мерах охраны (принятых и необходимых). В приложении опубликован так называемый «Черный список» – видов, регионально исчезнувших на территории Беларуси. Список дифференцирован на группы по давности последних обнаружений в Беларуси.

Сохранение видов невозможно без сохранения их природных местообитаний. Для обитателей водной среды ими являются озера и реки. Поэтому строгой охране подлежат также многие водные объекты. Список охраняемых водоемов с их гидрологической, геоморфологической и биологической характеристикой приведен в «Голубой книге Беларуси».

Эта книга представляет собой алфавитный реестр-каталог 5,5 тыс. водных объектов (озер, рек, ручейков, водохранилищ, каналов). Для указанных в нем водоемов приводятся основные параметры: площадь, размеры береговой линии, схемы глубин, площадь водосбора и др. Перечисляются притоки. Охарактеризован растительный и животный мир. Сводки сопровождаются фотографиями, топографическими картами-схемами, картами глубин. Для ряда озер установлены дифференцированные режимы эксплуатации в хозяйственных и рекреационных целях.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Башкинцева О.Ф., Дудю Г.В., Скрипачева О.Н., Яцухно В.М. Принципы формирования и зонирования национальных парков. Обзорная информация. – Мн.: «БЕЛНИЦ Экология», 2004. – 50 с.
2. Белый О.А., Зимберглейт М.А. и др. Методы обезвреживания и уничтожения непригодных пестицидов. Обзорная информация. – Мн.: БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ, 2003. – 61 с.
3. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х т. – М.: Мир, 1989. – 667, 477 с.
4. Вальтер Г. Общая геоботаника. – М.: Мир, 1982. – 264 с.
5. Галюковская Г.А. Основы популяционной экологии. – Мн.: Лексис, 2001. – 196 с.
6. Гельтман В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 326 с.
7. Глобальные природоохранные Конвенции: опыт осуществления в РБ / Под ред. Подольяко В.М., Савченко В.В. – Мн.: 2002. – 200 с.
8. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. – М.: Мир, 1979. – 200 с.
9. Даддингтон К. Эволюционная ботаника. – М.: Мир, 1972. – 307 с.
10. Дажо Р. Основы экологии. – М.: Прогресс, 1975. – 415 с.
11. Доскин В.А., Куинджи Н.Н. Биологические ритмы растущего организма. – М.: Медицина, 1989. – 221 с.
12. Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС. / Под ред. Суцени Л.М., Пикулика М.М., Пленина А.Е. – Мн.: Наука і тэхніка, 1995. – 263 с.
13. Забелин С. Весь мир мне дом. – Мн.: БелСоЭС “Чернобыль”, 2002. – 144 с.
14. Калинин М.Ю., Волчек А.А. Водные ресурсы Витебской области. – Мн.: ООО «Белсэнс», 2004. – 144 с.
15. Касьяненко И.И., Бракович И.С., Жалейко Г.А. Актуальные научно-технические разработки белорусских ученых по проблемам природопользования и охраны окружающей среды. Обзорная информация. – Мн.: «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ», 2002. – 64 с.
16. Классификатор отходов, образующихся в РБ. – Мн.: Мин. ресурсы и охраны окружающей среды РБ, 2002. – 54 с.
17. Клауснитцер Б. Экология городской фауны. – М.: Мир, 1990. – 246 с.

18. Концепция образования в области окружающей среды. Республиканская программа совершенствования образования в области окружающей среды. – Мн.: НИО, 2001. – 52 с.
19. Красная книга РБ. Животные. – Мн.: БелЭ им. Петруся Бровки, 2004. – 318 с.
20. Кудельский А.В., Пашкевич А.А. Радиоактивное загрязнение и прогноз состояния природных вод Беларуси // Природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 41 - 52.
21. Лиштван И.И., Косьяненко И.И. О проекте государственной научно-технической программы по охране окружающей среды и проблемам природопользования на 2006-2010 годы // Природные ресурсы. – 2004. – № 3. – С. 112 - 115.
22. Люцю А.М. и др. Выжить после Чернобыля. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 109 с.
23. Майснер А.Д. Жизнь растений в неблагоприятных условиях. – Мн.: Выш. Школа, 1981. – 96 с.
24. Мартинес П.М., Яковеню А.В. Опыт природоохранной деятельности в зарубежных странах. Экспресс-информация – Мн.: «БЕЛНИЦ Экология», 2002. – 56 с.
25. Мартинес П.М., Яковеню А.В. Опыт природоохранной деятельности в зарубежных странах. Экспресс-информация. – Мн.: ОДО «ЛЮРАНЖ-2», 2001. – 32 с.
26. Марцинкевич Г.И., Клицунова Н.К., Хараничева Г.Т. и др. Ландшафты Белоруссии. – Мн.: Университетское, 1989. – 239 с.
27. Матвеев А.В., Курский Б.Н., Левицкий Р.И. Рельеф Белоруссии. – Мн.: Университетское, 1988. – 319 с.
28. Международная научно-практич. конференция по устойчивому развитию. Минск, 27-28 мая 2004 г. // Докл. на плен. засед. – Мн.: ЗАО «Юникап», 2004. – 111 с.
29. Мерзвинский Л.М. Современный растительный покров Белорусского Поозерья. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2001. – 56 с.
30. Национальная система мониторинга окружающей среды РБ: результаты наблюдений 2002 г. – Мн.: БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ, 2003. – 232 с.
31. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений 2003 г. / БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ, 2004 – 202 с.
32. Национальная стратегия и план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия РБ. Минприроды РБ. – Мн.: Центр “Конъюрдия”, 1997. – 42 с.
33. Новиков Г.А. Очерк истории экологии животных. – Л-д: Наука, 1980. – 286 с.

34. Нормативно-правовая база охраны окружающей среды в РБ. Обзорная информация. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 1997. – 42 с.
35. Объединять для развития. Итоги программы малых грантов «Укрепление позиций обществ. орг. РБ в принятии экологически значимых решений». – Мн.: ЗАО «Юникап», 2003. – 48 с.
36. Одум Ю. Экология: В 2-х т. – М., «Мир», 1986. – 376 с. и 453 с.
37. Охрана ландшафтов. Толковый словарь. – М.: Прогресс, 1982. – 272 с.
38. Охрана окружающей среды в Беларуси. Статистический сборник. – Мн.: Министерство статистики и анализа РБ., 2003. – 196 с.
39. Пикулик М.М., Никифоров М.Е. Важнейшие проблемы сохранения, изучения и использования биоразнообразия животного мира Беларуси // Пробл. сохран. биол. разнообраз. Беларуси.: Тез. докл. междунаучно-практ. конф., Минск, октябрь 1993. – Мн., 1993. – С.18 - 20.
40. Природная среда Беларуси. / Под ред. В.Ф. Логина. НАН Беларуси. Ин-т пробл. Исполз. природн. ресурсов и экологии: – Мн.: НОООО «БИП-С», 2002. – 424 с.
41. Природные ресурсы РБ, их использование и охрана. – Мн.: Минприроды РБ, 2003. – 31 с.
42. Природоохранная деятельность в РБ. – Мн.: Минприроды РБ, 2003. – 23 с.
43. Проблемы ландшафтной экологии и сохранения биоразнообразия // Матер. респ. научно-практ. конф., Минск, 28-29 дек. 1999 г. – Мн.: БГПУ им. М. Танка, 1999. – 104 с.
44. Радкевич В.А. Экология листогрызущих насекомых. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 240 с.
45. Радкевич В.А. Экология. – Минск: Вышэйшая школа, 1996 – 159 с.
46. Разумовский С. М. Закономерности динамики биоценозов. – М.: Наука, 1981. – 231 с.
47. Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. – М.: Наука, 1982. – 144 с.
48. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2001 г. / Под ред. В.Ф. Логина. – Мн.: Минсктиппроект, 2002. – 232 с.
49. Справочно-статистические материалы по состоянию окружающей среды и природоохранной деятельности в РБ на 1 января 2004 г. – Мн.: Минприроды, 2004. – 64 с.
50. Троян П. Экологическая биоклиматология. – М.: Высш. шк., 1988. – 207 с.

51. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 327 с.
52. Химико-биологические технологии и экологическая безопасность. Матер. междунар. научно-практ. конф. – Мн.: 2001. – 338 с.
53. Хоружик Л.И. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: проблемы и перспективы: обзорная информация. – Мн.: «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ», 2003.
54. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. и др. Экологические проблемы городов Беларуси и пути их решения. – Мн.: ОДО «ЛЮРАНЖ-2», 2001. – 44 с.
55. Шарилов К.Е. Живой организм и окружающая среда. – Мн.: Ураджай, 1987. – 168 с.
56. Экологические очерки о природе и человеке. / Под ред. Гржимека Б. – М.: Прогресс, 1988. – 640 с.
57. Экономические инструменты природопользования. Обзорная информация. – Мн.: БЕЛНИЦ Экология, 2002. – 36 с.
58. Яковлев Г.П. Челомбитью В.А. Ботаника. – М.: Высш. шк., 1990. – 367 с.
59. Якушко О.Ф. Основы геоморфологии. – Мн.: Высшая школа, 1986. – 302 с.

Учебное издание
Кузнецова Наталья Петровна

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

Курс лекций

Технический редактор И.А. Борисов

Компьютерная верстка Кузнецова Н.П.
Корректор Кузнецова Н.П.

Подписано в печать 1.12.06. Формат бумаги 64х84 1/16.
Бумага типографская №2. Гарнитура ТАЙМС Усл. печ. л. 10,0
Уч. – изд. л. 12,5 Тираж 300 Заказ № 1396
Издатель и полиграфическое исполнение УО «Витебский государственный
медицинский университет»
ЛИ № 02330/0133209 от 30.04.04.

Отпечатано на ризографе в Витебском государственном медицинском университете.
210602, Витебск, пр. Фрунзе, 27
Тел (8-0212)261966

Библиотека ВГМУ

